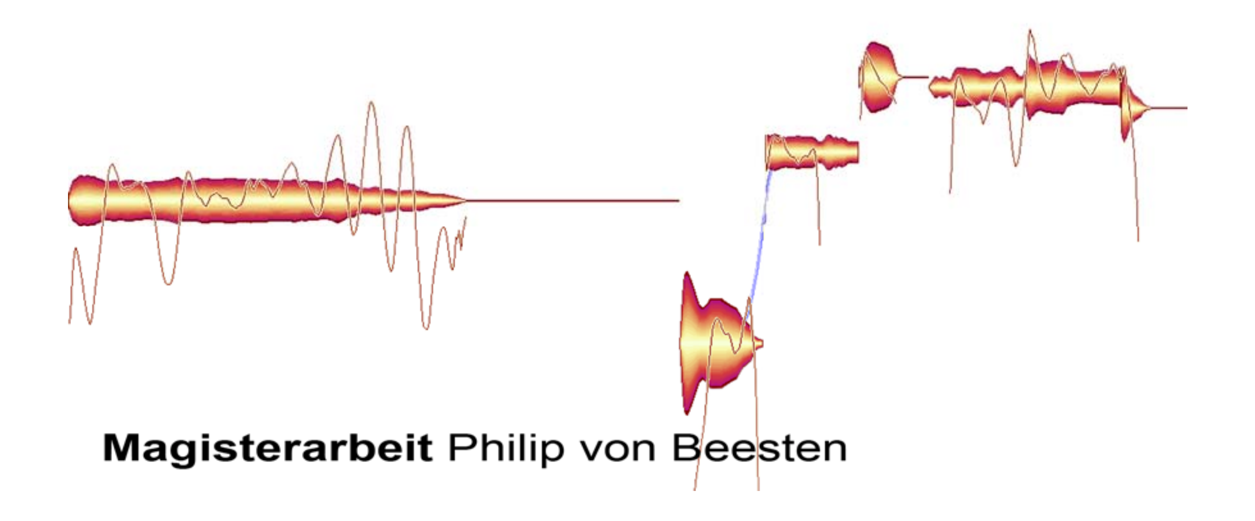
ELASTIC AUDIO

Die digitale Manipulation von Tonhöhen- und Zeitstrukturen



Magisterarbeit Philip von Beesten

ELASTIC AUDIO

Die digitale Manipulation von Tonhöhen- und Zeitstrukturen

Magisterarbeit
Leuphana Universität Lüneburg
Angewandte Kulturwissenschaften
Musik

Erstgutachter: Prof. Dr. Rolf Großmann
Zweitgutachter: Dirk Zuther

Vorgelegt von:
Philip von Beesten

Hamburg, 10.11.2009

Danksagung

Mein Dank gilt allen, die mir bei der Erstellung dieser Arbeit geholfen haben

Meinen Eltern für die Unterstützung meines Studiums

Rolf Großmann für die Gestaltung von lehrreichen und interessanten Seminaren während meines gesamten Studiums sowie die intensive Betreuung bei allen Prüfungen und der Magisterarbeit

Dorothea End, Gernot von Beesten und Jörn Kux für wertvolle Anregungen

Allen Mitarbeitern des Projekts Ästhetische Strategien ((audio)) für gute Zusammenarbeit und inspirierenden Austausch, der mein Studium bereichert hat

Inhaltsverzeichnis

Um die Lesefreundlichkeit zu verbessern, wird auf geschlechtsbezogene Doppelungen sowie auf die Nennung der Rechtsform bei Unternehmensbezeichnungen verzichtet.

Anglizismen werden bewusst verwendet, weil sie bei der Thematik der Arbeit häufig gebräuchlicher und konkreter sind als deutsche Übersetzungen.

1. Einleitung

Musik beruht auf dem Bestreben des Menschen, Schallereignisse nach seinen Vorstellungen zu formen. Dies führte zur Entwicklung von virtuosen Gesangs- und Spieltechniken und zur immer weiter verfeinerten Konstruktion verschiedenster Musikinstrumente. Mit der Entwicklung von Verfahren zur Konservierung und Wiedergabe von Schall wurde es erstmals möglich, auch nach dem Moment ihrer Entstehung in die Struktur von Klängen einzugreifen. Diese Möglichkeit wurde von Musikschaffenden umgehend intensiv genutzt und häufig bis an die Grenzen des technisch Machbaren ausgelotet. Dabei wurden die Verfahren nicht selten abweichend von ihrem ursprünglichen Einsatzzweck verwendet oder auch modifiziert. Durch die fortschreitenden technischen Entwicklungen erweiterten sich der Umfang und die Präzision der Manipulierbarkeit von Klängen stetig. Mit den zunehmenden Möglichkeiten der Audiobearbeitung wuchs ihre Bedeutung im musikalischen Schaffensprozess. Heute ist die technische Manipulation von Audiomaterial aus der Musikproduktion nicht mehr wegzudenken.

Die Einführung digitaler Bearbeitungsverfahren erweiterte die Möglichkeiten der Klangmanipulation noch einmal enorm. Durch die fortschreitende Entwicklung neuer Verfahren vermitteln heutige Audioanwendungen zunehmend den Eindruck, Klangaufzeichnungen seien lediglich Rohmaterial, das beliebig verformt werden könne. Diese Tendenz spiegelt der Titel „Elastic Audio“ wieder.

Zur Manipulation von Audiomaterial steht heute eine Vielzahl von Verfahren zur Verfügung. Anwendungen zur Veränderung von Tonhöhen- und Zeitstrukturen nehmen hier eine besondere Position ein, da sie es ermöglichen, nicht nur den klanglichen Charakter von Audiomaterial zu variieren, sondern in seinen musikalisch-kompositorischen Verlauf einzugreifen. Mit der Manipulation von Tonhöhe, Geschwindigkeit und Rhythmus erlauben sie die Veränderung von konstituierenden Parametern der Musik.

Ziel dieser Arbeit ist es, zu verdeutlichen, welche wesentlichen Entwicklungsschritte die Manipulierbarkeit der Tonhöhen- und Zeitstruktur von Audiomaterial durchlaufen

hat und was beim aktuellen Stand der Technik möglich ist. Dabei soll besonders verdeutlicht werden, wie sich die Entwicklung und Verwendung von Technologien auf die Arbeitsweise ihrer Benutzer und damit in den entstehenden musikalischen Werken niederschlägt. Welche Bedeutung hat die Entwicklung der Manipulierbarkeit von Audiomaterial für die Musikproduktion- und rezeption? Welche ästhetischen Strategien werden bei der Verwendung der Verfahren verfolgt beziehungsweise durch deren technische Eigenheiten begünstigt?

Der vorliegende Text gliedert sich in vier Hauptteile. Im ersten Teil „Analoge Manipulation von Tonhöhen- und Zeitstrukturen“ wird die Entwicklung analoger Nadel- und Magnettonverfahren nachgezeichnet und erläutert, welche Klangmanipulationen mit diesen Verfahren realisierbar sind. Im Anschluss daran werden einige bedeutende Beispiele der Verwendung dieser Manipulationstechniken in der Musik dargestellt. Im zweiten Teil „Digitale Manipulation von Tonhöhen- und Zeitstrukturen“ wird zunächst geschildert, welche gravierenden Veränderungen die Digitaltechnik für die Audioverarbeitung mit sich brachte. Im darauffolgenden Abschnitt werden einige für das Verständnis der weiteren Arbeit wichtige technische Grundlagen vermittelt. Daran anschließend folgt die Darstellung einiger für die Tonhöhen- und zeitbezogene Manipulation von Audiomaterial bedeutender technischer Entwicklungsschritte, wobei auch auf die jeweilige musikalische Verwendung der beschriebenen Verfahren eingegangen wird. Im dritten Teil „Aktuelle Verfahren – Elastic Audio“ wird auf die enormen Erweiterungen der Manipulierbarkeit von Audiomaterial in den vergangenen Jahren eingegangen. Es folgt eine exemplarische Beschreibung der Anwendungen Antares *Auto-Tune* und Celemony *Melodyne*. Der vierte Teil „Elastic Audio in der musikalischen Praxis“ befasst sich mit der Bedeutung der aktuellen Manipulationsverfahren für das musikalische Schaffen. Unterschiedliche Ansätze ihrer Verwendung werden dargestellt und die aus dem Einsatz der Technologien resultierenden ästhetischen Konsequenzen diskutiert.

2. Analoge Manipulation von Tonhöhen- und Zeitstrukturen

Ursprünglich waren akustische Signale flüchtige Ereignisse. Der einzige Moment ihrer Präsenz war der Augenblick ihres Erklingens. Erst die Entwicklung technischer Aufzeichnungsverfahren ermöglichte es, akustisches Material im Moment seiner Entstehung festzuhalten und somit exakt und unbegrenzt reproduzierbar zu machen. Die Fixierung von akustischen Signalen auf Tonträgern eröffnete zugleich die Möglichkeit, Klänge genau zu untersuchen und manipulativ in ihren Verlauf einzugreifen.[1]

> „Reproduktionsmedien sind nicht unbeteiligte, technische Kanäle zwischen Sender und Empfänger, sondern Instanzen mit produktiven Potentialen.“[2]

Die technischen Gegebenheiten des jeweiligen Tonträgermediums beeinflussen die klanglichen Eigenschaften des darauf aufgezeichneten und wiedergegebenen Audiomaterials. Auch Art und Umfang der Manipulationsmöglichkeiten unterliegen den technischen Bedingtheiten des Trägermediums beziehungsweise der dazugehörigen Aufnahme- und Abspielgeräte.

In diesem Kapitel werden wesentliche historische Entwicklungen von Tonaufzeichnungs- und Wiedergabemedien beschrieben. Anschließend wird darauf eingegangen, wie diese Medien zur Manipulation von Klängen verwendet werden können. Zusätzlich werden einige Ansätze erläutert, die Manipulierbarkeit von Klangaufzeichnungen kompositorisch zu nutzen. Dabei geht es nicht um eine vollständige Darstellung aller musikalischen Strömungen, in denen Audioaufzeichnungen manipuliert wurden – das würde den Rahmen der Arbeit sprengen – sondern darum, einen Einblick zu schaffen, wie technische Entwicklungen die musikalische Praxis beeinflussen und einige unterschiedliche ästhetische Strategien der Klangmanipulation zu beschreiben.

[1] Vgl. Ruschkowski (1998), S. 225

[2] Klages (2002), S. 6

2.1 Technikgeschichte der Phonographie

2.1.1 Schallplatte

Das erste funktionierende Gerät zur Aufzeichnung und Wiedergabe akustischer Signale konstruierte Thomas Alva Edison im Jahr 1877. Der sogenannte *Phonograph* besteht aus einer Membran, an der eine Nadel befestigt ist, und einer mit Stanniol beschichteten Metallwalze. Wenn sie ausreichend lauten akustischen Signalen ausgesetzt ist, vibriert die Membran und die dadurch entstehenden Auslenkungen der Nadel werden in die Stannioloberfläche der rotierenden Walze eingeritzt. Das Abspielen der Aufzeichnung erfolgt, indem eine Wiedergabenadel in die entstandene Rille gesetzt und die Walze in Bewegung gebracht wird. Die Nadel versetzt die Membran in Schwingung, welche diese in Form von Schallwellen abgibt.[3] Die ersten Modelle des Phonographen wurden mit einer Handkurbel angetrieben. Im Weiteren führte die Einführung von zunächst Uhrwerken und später elektrischen Antriebsmotoren zu einer Stabilisierung der Umlaufgeschwindigkeit.[4]

Großen kommerziellen Erfolg fand das Nadeltonverfahren mit der Entwicklung des *Grammophons* durch Emil Berliner, das 1887 patentiert und in den folgenden Jahren weiterentwickelt wurde. Anders als beim Phonographen wurden Klänge für das Grammophon nicht in Tiefenschrift auf einer Walze konserviert, sondern in Seitenschrift auf einer Schallplatte. Das Grammophon verfügt nicht über eine Aufzeichnungsmöglichkeit – die Schallplatten wurden mit speziell dafür ausgelegten Geräten gefertigt.[5]

In den folgenden Jahren und Jahrzehnten wurde die Nadelton-Technologie stetig weiterentwickelt. Besonders hervorzuheben sind hier die elektrische Schallaufzeichnung über Mikrofon und Verstärker[6] und die Einführung des Plattenspielers mit elektrisch verstärkter Wiedergabe[7] in den 1920er Jahren sowie Veränderungen des Schallplattenmaterials. Diese Entwicklungen führten zu einer stetigen Verbesserung der

[3] Vgl. Ruschkowski (1998), S. 186
[4] Vgl. Große (1981), S. 33, S. 90
[5] Vgl. Klages (2002), S. 65
[6] Vgl. Große (1981), S. 73
[7] Vgl. ebd., S. 90

Klangqualität. Ebenfalls zu erwähnen ist die Einführung der Stereo-Schallplatte 1956.[8]

Mit der Einführung der CD in den 1980er Jahren wurde die Schallplatte zunehmend aus dem Handel verdrängt. Verbreitet war sie weiterhin bei DJs, für deren Manipulationen der direkte Zugriff auf den Tonträger unerlässlich ist (vgl. Kapitel 2.3.5). Durch die Entwicklung von Abspielgeräten für CDs und MP3-Dateien, welche die Eigenschaften und Möglichkeiten der Schallplatte emulieren und erweitern, zeichnet sich in den letzten Jahren jedoch auch in diesem Bereich ein starker Rückgang ihrer Nutzung ab. Mittlerweile sind zahlreiche auf die Verwendung durch DJs ausgerichtete CD-Player erhältlich, die funktional und teilweise auch optisch deutlich an Plattenspieler angelehnt sind[9]. Aktuelle DJ-Anwendungen wie *Scratch Live*[10] schließen sogar die Nutzung herkömmlicher Plattenspieler ein. Auf den dazugehörigen Vinylplatten befinden sich jedoch keine Musikaufzeichnungen, sondern lediglich *MIDI-Timecodes*[11] zur Steuerung des Abspielverhaltens von MP3-Dateien. Auch die neueste Generation der MP3-Steuerungsgeräte, wie beispielsweise die Vestax *VCI*-Serie[12], führt die zeitbezogene Steuerung von Klangaufzeichnungen mittels scheibenförmiger Kontroll-Interfaces fort und berücksichtigt somit die Gewöhnung an die Eigenschaften des Plattenspielers.

---

[8] Vgl. Große (1981), S. 142

[9] Hier ist besonders der Technics *SLDZ 1200* zu nennen, der optisch große Ähnlichkeiten zum DJ-Plattenspieler Technics *SL-1200* aufweist. Vgl. http://www.panasonic.de/html/de_DE/Produkte/Technics/CD-Player/SL-DZ1200/Übersicht/231077/index.html, http://www.panasonic.de/html/de_DE/Produkte/Technics/Plattenspieler/SL-1200MK5/Übersicht/386240/index.html (beide zuletzt besucht am 10.11.2009)

[10] Vgl. http://www.serato.com/scratchlive (10.11.2009)

[11] MIDI (Musical Instrument Digital Interface) ist ein Datenübertragungsprotokoll zur Kommunikation zwischen elektronischen Musikinstrumenten. Vgl. Warstat (1998), S. 85

[12] Vgl. http://www.vestax.de/products/endprodukt.asp?techno=1&art=1645 (10.11.2009)

2.1.2 Magnetton

Die Geschichte der magnetischen Schallaufzeichnung begann 1898 mit der Erfindung des *Telegraphon* durch den Dänen Valdemar Poulsen.[13]

> „Zur Tonaufzeichnung wurde ein Draht an einem Tonkopf entlanggeführt. Dieser Tonkopf bestand aus einem Elektromagneten, der die Stärke seines magnetischen Feldes in Abhängigkeit von der anliegenden Tonfrequenz änderte. Der vorbeilaufende Draht wurde so entsprechend der Tonfrequenz magnetisiert. Die Wiedergabe erfolgte durch das Vorbeiführen des magnetisierten Drahtes an einem Tonkopf, in dem nun – in umgekehrter Weise – eine Spannung induziert wurde, die von der Magnetisierung des Drahtes abhängig war.“ [14]

Das Gerät war schwierig zu bedienen und sehr teuer, außerdem waren notwendige Zusatzgeräte wie Verstärker und Lautsprecher nicht kommerziell verfügbar. Darüber hinaus hatten die Reproduktionen durch das Telegraphon eine sehr geringe Klangqualität. Daher war das Gerät kein kommerzieller Erfolg und seine Weiterentwicklung wurde ab 1903 eingestellt.[15]

Auf der Basis des von Ludwig Blattner 1929 erfundenen *Blattnerphons*, das magnetisiertes Stahlband statt Draht verwendete, entwickelte die britische Firma Marconi in den frühen 1930er Jahren den *Marconi-Stille-Recorder*, der in den BBC-Studios in London für Sprachaufzeichnungen eingesetzt wurde.[16] Auch diesem Gerät mangelte es an Benutzerfreundlichkeit: „It was described as presenting the ‚risk of instantly decapitating anyone within reach of its whirling steel tape…’”[17] Auch die Editierbarkeit des verwendeten Stahlbandes ließ zu wünschen übrig – zum Schneiden und Zusammenkleben benötigte man ein Schweißgerät.[18]

Den Durchbruch für die Manipulierbarkeit von Magnettonaufzeichnungen brachte die Einführung des *Magnetophons* der deutschen Firma AEG im Jahr 1936. Als Aufnahmemedium diente ein mit Eisenpulver beschichtetes Kunststoffband, das geschnitten

---

[13] Vgl. Chadabe (1997), S. 29
[14] Ruschkowski (1998), S. 187
[15] Chadabe (1997), S. 29
[16] Vgl. ebd.
[17] Ebd.
[18] Vgl. Manning (2002), S. 13

und wieder zusammengeklebt werden konnte.[19] Durch die Einführung der Hochfrequenz-Vormagnetisierung wurde in den 1940er Jahren eine erhebliche Verbesserung der Klangqualität erzielt, was Magnettongeräte erstmals für Musikaufnahmen einsetzbar machte. Im Jahr 1943 konstruierte Walter Weber für AEG das Stereo-Magnetophon *K7*.[20]

Die ersten kommerziellen Drei- und Vierspur-Magnetbandgeräte wurden in den 1950er Jahren eingeführt, in den 1960er Jahren wurden Aufzeichnungen auf acht und mehr Spuren zum Tonstudio-Standard.[21] Mehrspur-Aufnahmegeräte ermöglichen die separate Aufzeichnung mehrerer Klangquellen auf verschiedene Spuren. Dadurch können Instrumente nacheinander aufgezeichnet und unabhängig voneinander in ihrer räumlichen Position, ihrer Lautstärke und ihrem Klang bearbeitet werden.[22]

2.2 Klangmanipulation mit Schallplatte und Magnetband

Die Fixierbarkeit von akustischen Ereignissen auf Tonträger ermöglichte erstmals auch den direkten Zugriff auf das akustische Material und somit seine Manipulation. In diesem Abschnitt werden die Möglichkeiten der tonhöhen- und zeitbezogenen Manipulation von Schallplatten- und Magnetbandaufzeichnungen dargestellt.

2.2.1 Abspielgeschwindigkeit und Tonhöhe

Die Veränderung der Abspielgeschwindigkeit eines analogen Wiedergabemediums führt zum einen zu Veränderungen im Tempo der Wiedergabe, zum anderen zu einer Veränderung der Tonhöhe – bei höherer Abspielgeschwindigkeit wird der Klang höher, bei niedrigerer Geschwindigkeit tiefer. Die Zeit- und die Frequenzdomäne sind also direkt voneinander abhängig.

Bei dieser Art der Transposition verändert sich nicht nur die Tonhöhe, sondern auch der Klangcharakter des bearbeiteten Materials. Die Ursache dafür liegt zum einen darin, dass sich die Einschwingphase, die für die Identifikation von Bedeutung ist, in

[19] Vgl. Ruschkowski (1998), S. 188-189
[20] Vgl. Klages (2002), S. 76
[21] Vgl. ebd.
[22] Vgl. Warner (2003), S. 23

ihrer Länge verändert. Zum anderen wird nicht nur der Grundton, sondern das gesamte Frequenzspektrum verschoben. Da die Obertonstruktur, also die Amplituden der einzelnen Obertonfrequenzen, für die Beschaffenheit des Klanges verantwortlich sind, verändert sich mit deren Verschiebung folglich auch der Klangcharakter. Besonders wichtig sind in diesem Zusammenhang die *Formanten*. Formanten sind Resonanzfrequenzen im Obertonspektrum, die durch die besonderen Eigenschaften des jeweiligen Klangerzeugers bestimmt sind – beispielsweise durch den Kehlkopf und den Mundraum eines Sängers.[23]

Einen frühen Versuch, die Kopplung von Abspielgeschwindigkeit und Tonhöhe aufzuheben, stellt das *Tempophon* dar. Es wurde in den 1950er Jahren durch den deutschen Ingenieur Axel Springer entwickelt, weshalb es auch als *Springer-Maschine* bezeichnet wird.[24] Welchen Bedarf das Tempophon erfüllte, beschreibt Pierre Schaeffer:

> „Wie es sich nun aber mit dem Wechsel der Höhenlage oder der Modifikation der Dauer […] verhalte, die beiden Komponenten bleiben untrennbar aneinander gebunden, während der Musiker doch oft wünschen möchte, nur eine von ihnen in Bewegung zu setzen. Dank eines Apparats, der den Bedürfnissen der Experimentalmusik entgegenkommt, der Springermaschine, läßt sich die dynamische Form eines Klanges durch eine unabhängige zeitliche Transposition ohne Tonhöhenveränderung ausdehnen oder verdichten; ebenso kann man die Höhenlage des Klanges ändern, ohne daß dies Einfluß auf die Dauer hätte, was durch eine unabhängige harmonische Transposition geschieht. Natürlich sind auch alle Zwischenstufen gemischter Transposition möglich."[25]

Basis des Systems ist eine rotierende Konstruktion aus vier Schreib-/Leseköpfen, an denen ein Magnetband vorbeigeführt wird. Jeder der vier Köpfe entnimmt akustische „Proben" aus dem auf dem Band befindlichen Signal, aus denen wiederum ein kontinuierliches Signal rekonstruiert werden kann, indem sie hintereinander abgespielt werden. Tonhöhe und Geschwindigkeit dieses Signals können durch Veränderungen der Bandlaufgeschwindigkeit und der Drehgeschwindigkeit der vier Tonköpfe unabhängig voneinander variiert werden. Um beispielsweise einen Ton zu verlängern,

---

[23] Vgl. Ackermann (1991), S. 23-24
[24] Vgl. Manning (2002), S. 82
[25] Schaeffer (1974), S. 47

werden die Leseköpfe in schnelle Drehung versetzt, so dass sie mehrere Kopien des Signals entnehmen. Wenn diese Proben hintereinander als kontinuierliches Signal abgespielt werden, entsteht eine verlängerte Rekonstruktion des Originalsignals. Um die Tonhöhe eines Signals zu manipulieren, ohne dass sich seine Dauer verändert, wird die Abspielgeschwindigkeit des Originalsignals erhöht oder vermindert und die Geschwindigkeit der Leseköpfe entsprechend angepasst, um die dadurch entstehende Veränderung der Dauer auszugleichen. Um das Signal beispielsweise um eine Oktave nach oben zu transponieren, wird das Originalsignal mit doppelter Geschwindigkeit abgespielt und die Leseköpfe werden so schnell gedreht, dass das rekonstruierte Signal die doppelte Dauer des schneller abgespielten Originalsignals hat (vgl. Abb. 2).[26]
Die Tonqualität der mit dem Tempophon realisierbaren Rekonstruktionen ist allerdings gering, da durch die Zerlegung des kontinuierlichen Signals in diskrete Fragmente an den Übergängen zwischen diesen häufig hörbare Verzerrungen und Knackser auftreten. Dennoch nahm das Tempophon mit seiner Auflösung der Abhängigkeit von Geschwindigkeit und Tonhöhe die *Time Stretching*- und *Pitch Shifting*-Funktionen späterer digitaler Anwendungen wie zum Beispiel des *Samplers* vorweg und wurde von zahlreichen Komponisten verwendet (vgl. Kapitel 2.3.5).[27]

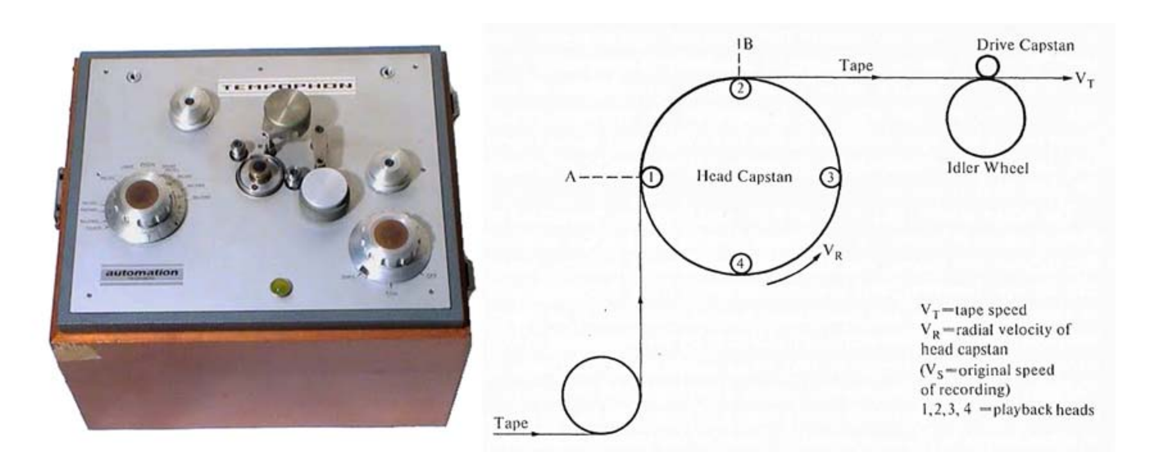


Abb. 1: Tempophon

Abb. 2: Tempophon - Funktionsschema

[26] Vgl. Roads (1996), S. 442-443

[27] Vgl. Manning (2002), S. 83-84; die Sequenzersoftware *Logic* der Firma Apple bietet ab Version 9 einen Time Stretching-Algorithmus, der die Klangeigenschaften des Tempophon emuliert. Vgl. Kleinermanns (2009), S. 35; http://www.apple.com/de/logicstudio/; die verbreitete digitale Emulation historischer Geräte ist häufig darauf zurückzuführen, dass diese gerade wegen ihrer ursprünglich aus technischen Beschränkungen resultierenden charakteristischen Klangverfärbungen Kultstatus erlangt haben.

2.2.2 Abspielrichtung

Sowohl mit Schallplattenspielern als auch mit Magnetbandgeräten lässt sich eine Umkehrung der Abspielrichtung einfach realisieren – entweder durch die Umkehrung der Laufrichtung des Antriebsmotors oder durch manuelles Anhalten und zurückdrehen des Tonträgers. Bei der Bandmaschine lässt sich das Band auch rückwärts einlegen. Durch das Rückwärts-Abspielen tritt der Ausschwingvorgang an den Anfang und der Einschwingvorgang ans Ende des Klanges, was dessen Charakter maßgeblich verändern kann.

2.2.3 Verlängerung von Klängen

Eine Möglichkeit, mit Hilfe von Schallplatten Klänge zu verlängern, bildet das Ritzen von Endlosrillen. Statt dass die Rille, wie sonst üblich, spiralförmig von außen nach innen in die Schallplatte geritzt wird, bildet sie bei dieser Technik einen Kreis, so dass der in der Rille aufgezeichnete Klang mit jeder Umdrehung der Schallplatte wiederholt wird. Ein vergleichbares Verfahren in der Magnettonaufzeichnung ist die Erzeugung von Bandschleifen:

> „Mit einer Bandschleife lässt sich ein Abschnitt einer Tonaufzeichnung beliebig oft wiederholen. Das Band wird in gewünschter Länge (sie bestimmt den Rhythmus der späteren Klangabfolge) am Anfang und Ende geschnitten, in Kreisform zusammengeklebt und um eine mobile Umlenkrolle geführt.“[28]

Sehr gleichmäßige und lange Klänge lassen sich mit Endlosrillen und Bandschleifen unbegrenzt verlängern. Besteht jedoch ein großer Unterschied zwischen dem Klang am Anfang und am Ende des erzeugten *Loops*, dann ist bei jedem Durchgang am Übergang ein Knacken zu hören. Bei der Bandschleife lässt sich dies verringern, indem die Enden des Magnetbands schräg geschnitten werden und somit ein kurzer *Crossfade* (Überblendung) erzeugt wird, um ihn weniger hörbar zu machen.[29]

[28] Humpert (1987), S. 65
[29] Vgl. Weinzierl (2008), S. 722

Eine weitere Möglichkeit zur Manipulation von Magnettonaufzeichnungen bietet der Einsatz von Magnethall,

> „einer elektronischen Rückkopplung, die durch die Technik der getrennt angeordneten Aufnahme- und Wiedergabeköpfe am Tonbandgerät möglich wird: Ein Klang, der statisch oder in einer bestimmten Mindestdauer (etwa 1/2 sec.) auf einem Tonbandgerät vorliegen muß, wird von einem zweiten Gerät aufgenommen, durch den Wiedergabekopf (wegen des Kopfversatzes zeitversetzt) wiedergegeben, verstärkt, erneut in den Aufnahmekopf „geschickt“ und somit aufgenommen […] Bei größerer Erfahrung und Geschicklichkeit ist es sogar möglich, einen kurzen Klang durch diese Technik beliebig zu verlängern.“[30]

2.2.4 Bandschnitt/-montage

Eine bedeutende Neuerung bei der Einführung des Magnetbands war, dass es beliebig geschnitten und zusammengeklebt werden konnte. Damit eröffnete es erstmals die Möglichkeit, gezielt in die Mikrostruktur von aufgezeichnetem Klangmaterial einzugreifen.[31] Beim Bandschnitt wird das Tonband manuell über den Abspielkopf bewegt, um die zu bearbeitende Stelle zu finden. Als Werkzeug werden ein Lineal zum Messen der Zeit in Zentimetern oder Inches, ein Rasiermesser und ein Schneidblock verwendet, in dem das Magnetband zum Schneiden fixiert wird.

Mit Bandschnitt lassen sich verschiedene Effekte erzielen: Eins der am häufigsten eingesetzten Verfahren ist die Korrektur von Spielfehlern durch Herausschneiden und Ersetzen der entsprechenden Stelle der Aufnahme. Darüber hinaus kann beispielsweise die Amplitude verringert werden, indem das Band schmaler geschnitten wird. Auch Ein- und Ausschwing-Phasen von Klängen lassen sich durch entsprechende Schnitte verändern:

> „ein gerader Schnitt im Winkel von 90° läßt einen Klangvorgang hart, manchmal sogar knallend einsetzen, aus mehr oder weniger schrägen Schnitten resultieren weichere Einsätze oder Übergänge.“[32]

[30] Humpert (1987), S. 68
[31] Vgl. Roads (2001), S. 82
[32] Humpert (1987), S. 68

Der Einfluss des Bandschnitt-Verfahrens auf die Entwicklung der Musik im 20. Jahrhundert ist nicht zu unterschätzen – der französische Komponist Michel Chion geht sogar so weit, ihm die Begründung der elektroakustischen Musik zuzuschreiben:

> „The possibility of assembling tight mosaics of sound fragments with magnetic tape definitely launched electroacoustic music.“[33]

2.3 Analoge Klangmanipulation in der musikalischen Praxis

Bereits unmittelbar nach der Entwicklung des Phonographen wurden die darauf abgespielten Audioaufzeichnungen durch den Benutzer manipuliert, wenn auch unfreiwillig:

> „Die frühen Phonographen und Grammophone mussten mit einer Handkurbel bedient werden. Zeitachsenmanipulation war damals daher der ständige Begleiter des Musikgenusses. Erst Uhrwerke und später Elektromotoren halfen, das exakte Tempo einzuhalten und brachten ‚Original' und technisches Abbild, zumindest hinsichtlich ihrer Abspielgeschwindigkeit zur Übereinstimmung.“[34]

Schon der Erfinder des Phonographen soll jedoch die Abspielgeschwindigkeit von Tonträgern auch absichtlich manipuliert haben:

> „Edison selbst hat […] 1877 die Kurbel des Phonographen bedient, als er seinem New Yorker Publikum frequenzversetzte Musikstücke durch schnelleres Abspielen vorführte.“[35]

Auch in der Musikindustrie wurde das schöpferische Potential von Geräten zur Klangwiedergabe bereits sehr früh wahrgenommen und werbewirksam eingesetzt, wie Friedrich Kittler beschreibt:

> „Wie die Columbia Phonograph Company 1890 erkannte, ist der Phonograph eben auch als Musikkomponiermaschine verwendbar, einfach indem biedere Konsumenten ihre Lieblingsstücke rückwärts abspielen: ‚Ein Musiker könnte auf

[33] Chion, M. (1982), zitiert nach Roads (2001), S. 82
[34] Klages (2002), S. 69
[35] Klages (2002), S. 70

> dem Weg dieses Experiments täglich zu einem neuen Schlager kommen', hieß es im Firmenprospekt."[36]

Als das Magnetband bis zur musikalischen Praxistauglichkeit entwickelt war, wurde unmittelbar damit begonnen, es als „schöpferisches Mittel des musikalischen Ausdrucks"[37] zu verwenden.

> „Composers had been waiting for a device that would allow them to store and manipulate sounds better than the acetate disc. When the magnetic tape recorder came out […], they knew exactly what to do with it."[38]

Im Folgenden werden einige Kompositionsansätze dargestellt, welche die Verwendung von phonographischen Klangaufzeichnungen einschließen. Dabei wird herausgearbeitet, welchen Einfluss die technischen Gegebenheiten auf das musikalische Schaffen der jeweiligen Komponisten hatte.

2.3.1 Grammophonmusik

Der Wandel des Grammophons von einem Gerät, mit dem lediglich eine möglichst authentische Wiedergabe von Musikaufzeichnungen verfolgt wurde, hin zu einem Kompositionsinstrument, also von einem reinen Reproduktions- zu einem Produktionsmedium, wurde erstmals von Paul Hindemith und Ernst Toch vollzogen. Mit Hilfe von Grammophonen komponierten sie einige Musikstücke, die beim Festival Neue Musik in Berlin 1930 aufgeführt wurden. Das Ergebnis ihrer Arbeit war laut Mark Katz „the first musical genre to use recording technology as a compositional tool."[39] Sie entwickelten

> „eine neue Musik, die so und nicht anders erst dank der technischen Möglichkeiten, die der Tonträger als akustisches Speichermedium bietet, entstehen kann."[40]

Hindemiths Arbeit *Trickaufnahmen* besteht aus zwei kurzen Etüden: In dem einen Stück, *Gesang über 4 Oktaven*, manipulierte er eine von ihm selbst auf Schallplatte eingesungene Vokalaufnahme durch Verdoppeln und Halbieren der Abspielge-

---

[36] Kittler (1986), S. 58
[37] Ruschkowski (1998), S. 191-192
[38] Holmes (2002), S. 77
[39] Katz (2004), S. 99
[40] Elste (1996), S. 196

schwindigkeit, wodurch sich die Tonhöhe jeweils um eine Oktave nach oben bzw. nach unten verschob, und erweiterte somit den Tonumfang seines Gesanges über die natürlichen Grenzen hinaus. Er erzeugte Dopplungen und Akkorde, indem er mehrere Aufnahmen seiner Stimme in unterschiedlichen Geschwindigkeiten gleichzeitig abspielte.[41] Damit nahm er, wenn auch in sehr einfacher Form, ein Verfahren vorweg, das mit der Verbreitung von Mehrspur-Magnetbandmaschinen in den 1950er Jahren als *Overdubbing* bekannt werden sollte.[42] Bei der anderen *Trickaufnahme* handelt es sich um ein unbetiteltes Stück mit Xylophon und Viola, für das Hindemith die Tonhöhe von Aufzeichnungen der Instrumente durch schnelleres und langsameres Abspielen variierte und anschließend diese Aufnahmen zusammen abspielte und erneut aufzeichnete, so dass die aufgenommenen Instrumente im Zusammenspiel mit sich selbst Kontrapunkt und Harmonien erzeugten **[♪1]**.[43]

Hindemiths Zeitgenosse Ernst Toch verfolgte bei seinen Grammophon-Kompositionen einen etwas anderen Ansatz:

> „Dem Versuch liegt der Gedanke zugrunde, die Maschine, die bisher der möglichst genauen Reproduktion von original ausgeführter Musik galt, erweiternd dahin auszunützen, daß sie durch die Besonderheit ihrer Funktion und durch die Auswertung jener Abfall-Zone ihrer Möglichkeiten, welche für ihren eigentlichen Zweck (eben die getreue Reproduktion) wertlos, weil verändernd ist, eine ihr typische, arteigene Musik hervorbringe."[44]

Diese Möglichkeiten setzte er beispielsweise in seinem Stück *Gesprochene Musik* ein, indem er Sprachaufnahmen durch Geschwindigkeitsveränderungen in der Tonhöhe variierte und sie so mit einer in der ursprünglichen Aufnahme nicht vorhandenen Melodie versah.[45] Dabei machte er die Erfahrung, dass sich nicht nur die Tonhöhe, sondern auch der klangliche Charakter der Aufnahme veränderte:

> „Nur in einem Punkte täuschte mich die Maschine leider: sie veränderte die Vokale in einer nicht von mir beabsichtigten Weise mit".[46]

[41] Vgl. Elste (1996), S. 218; Katz (2004), S. 100
[42] Vgl. ebd.
[43] Vgl. ebd.; Elste (1996), S. 218-219
[44] Toch (1930), S. 221-222, zitiert nach Katz (2004), S. 219
[45] Vgl. Katz (2004), S. 102
[46] Toch (1930), S. 221-222, zitiert nach Katz (2004), S. 220

Die Faszination, welche die kompositorischen Möglichkeiten des Grammophons auf Zeitzeugen ausübte, lässt sich dem folgenden Zitat des Musikwissenschaftlers H. H. Stuckenschmidt entnehmen:

> „Die Anzahl der Klangfarben ist unendlich. Jedem Instrumentenklang kann jeder beliebige Umfang gegeben werden. Die Differenzierungen der Tonhöhe sind unendlich. Viertel- und Achteltöne sind mit mathematischer Reinheit zu intonieren. Die Mannigfaltigkeit der Klänge wird das alte Orchester ganz primitiv erscheinen lassen. […] Die Gestalt des Kunstwerks ist auf der Platte ein für allemal mit mathematischer Präzision festgelegt.“[47]

Neben der Möglichkeit, mit Hilfe des Grammophons unspielbare Musik und neue Klänge zu schaffen, versprach man sich davon auch eine direkte Umsetzung der Vorstellungen des Komponisten – die maschinelle Präzision bei der Wiedergabe ihrer Stücke wurde von Hindemith und Toch als Vorteil gegenüber den mit menschlichen Interpreten zwangsläufig verbundenen Abweichungen von der Originalkomposition betrachtet.[48] Mit dieser Einstellung standen sie zu ihrer Zeit nicht allein. Wiederum Stuckenschmidt brachte sie sehr deutlich zum Ausdruck:

> „Der reproduzierende Künstler soll lediglich ein Verwalter der Wünsche sein, die der Komponist durch seine (allerdings bisher unzulängliche) Notation geäußert hat. Seine Person, sein momentanes Empfinden, seine private Stellungnahme ist im höchsten Grade gleichgültig für das Wesen des Kunstwerks.“[49]

So radikal ihre Transformation des Reproduktionsmediums Grammophon zum Produktionsmedium war, musikalisch orientierten sich Hindemith und Toch an traditionellen Kompositionsstrategien und beschränkten sich auf die Reproduktion herkömmlicher Musikinstrumente:

> „The time was still not ripe for any general acceptance of processes of musical composition which extended beyond the traditional orchestra.“[50]

---

[47] Stuckenschmidt (1925), S. 6, zitiert nach Elste (1996), S. 204
[48] Vgl. Katz (2004), S. 112
[49] Stuckenschmidt (1925), S. 3, zitiert nach Elste (1996), S. 203
[50] Manning (2002), S. 11

Aus musikhistorischer Sicht mag die Komposition der Grammophonmusik ein wichtiges Ereignis gewesen sein – ihre Komponisten selbst maßen ihr keine sonderlich große Bedeutung bei. So schrieb Ernst Toch, er wolle sie

> „weder überschätzen noch überschätzt wissen, sondern lediglich als das aufgefaßt wissen, was es für mich war: ein interessanter akustischer Versuch an einem Neben- oder Abfallprodukt, ein musikalischer Scherz wohl auch.“[51]

2.3.2 Musique Concrète

Während die Grammophonmusik traditionellen ästhetischen Kriterien treu blieb, ging die Musique Concrète in ihrer kompositorischen Verwendung von Klangaufzeichnungen um einiges weiter. Im Rahmen dieser Arbeit ist sie von großem Interesse, denn

> „diese von dem französischen Ingenieur und Musiker Pierre Schaeffer inaugurierte Musik gilt als die erste, die ausschließlich in ‚gespeicherter' Form existierte und nur über Tonträger (Schallplatte, Tonband) abgespielt (=aufgeführt) werden konnte.“[52]

Inspiriert durch die Ansätze der Futuristen, die Anfang des 20. Jahrhunderts die „Emanzipation des Geräusches zum musikalisch gestaltungswürdigen Objekt“[53] ausgerufen und eine musikalische Reflexion aller technischen Errungenschaften des Menschen gefordert hatten[54], begann Pierre Schaeffer, als Ingenieur für Fernmeldetechnik beim Rundfunknetzwerk Radiodiffusion Télévision Française (RTF) tätig, etwa 1943 mit Aufzeichnungen von Tönen und Geräuschen im Klangarchiv seines Arbeitgebers zu experimentieren.[55]

Schaeffer bemühte sich intensiv darum, Erkenntnisse über die innere Struktur von Klängen zu gewinnen. So zeichnete er beispielsweise Glockenklänge auf eine Schallplatte auf und eliminierte die natürliche Einschwingphase jeder Note mittels eines zwischen Mikrofon und Schneidstichel montierten Lautstärkereglers. Des Weiteren untersuchte er, welchen Einfluss Veränderungen der Abspielgeschwindigkeit auf den

[51] Toch (1930), S. 221-222, zitiert nach Elste (1996), S. 221
[52] Humpert (1987), S. 23
[53] Ruschkowski (1998), S. 207
[54] Vgl. Manning (2002), S. 4
[55] Vgl. Ruschkowski (1998), S. 209

Charakter von Klangaufzeichnungen haben, wobei er feststellte, dass sich dadurch nicht nur die Tonhöhe und Dauer der Aufnahmen verändern, sondern auch ihre Hüllkurve (*Attack – Body – Decay*).[56]

> „Such interdependence made it impossible to vary one of these factors in this manner without affecting the others. A further study of the relationships between these intrinsic features led to a series of short *Études*, realized during the early summer of 1948."[57]

Die Aufführung dieser Stücke unter dem Titel *Concert des Bruits* gilt als die Geburtsstunde der Musique Concrète.[58] Wie aufwändig die Erstellung der *Études des Bruits* **[♪2]** gewesen sein muss, verdeutlicht das folgende Zitat:

> „Think about what it would be like to make a motion picture without the benefit of editing what comes out of the camera, and you have an idea of how monumentally complicated and difficult it was for Schaeffer to fashion the five *Études*. He edited different sounds together by playing them back and rerecording them directly onto the disc masters. He played sounds in reverse. He created lock grooves – endless loops – with the disc cutter so that sounds would repeat. He played the sounds back at different speeds. He used volume control to create fade-in and fade-out effects. He took some of the studio to record natural sounds, including locomotives at the Batignolles train depot, amateur musicians, voices of friends, spinning saucepan lids, and piano music played for him by friends, including Pierre Boulez. He combined these sounds in various ways with stock sounds from sound effect records and recorded music from Bali and America. The result was a tour de force of technical ingenuity and resourcefulness."[59]

Schaeffer stellte fest, dass er durch unterschiedliche Transformationen zwar den Klang von akustischen Phrasen verändern konnte, dass dabei aber viel vom Charakter des Originalklanges und damit die Assoziation mit diesem erhalten blieb. Das führte ihn zu einer intensiven Analyse der Natur von Klängen mit dem Ziel, herauszufinden, warum es nicht möglich war, den Grundcharakter von Klängen durch Transformationen grundsätzlich zu verändern:

---

[56] Vgl. Manning (2002), S. 20-21
[57] Ebd. (Hervorhebung im Original)
[58] Vgl. Ruschkowski (1998), S. 209
[59] Holmes (2002), S. 92

> „He concluded that techniques such as playing recordings at different speeds or in reverse, and the use of elementary montage, did not produce anything essentially new […] and it proved necessary not only to examine the nature of sounds in more detail but also to perfect an expanded range of transformation techniques."[60]

Die Erstellung von Kompositionen mit Schallplatten war, bedingt durch die Komplexität der gleichzeitigen Bedienung mehrerer Plattenspieler, sehr aufwändig und bei Aufführungen kam es häufig zu Problemen.[61] Auch Manipulationen des Klangmaterials waren nur innerhalb sehr enger Grenzen möglich. Obwohl sich die Komponisten der Musique Concrète an die Arbeit mit Plattenspielern gewöhnt hatten und ihre limitierten Möglichkeiten ein prägender Teil des musikalischen Prozesses geworden waren[62], wurden diese im Zuge der Einrichtung eines neuen Studios 1951 ergänzt durch Magnetbandmaschinen.[63]



Abb. 3: Pierre Schaeffer mit dem Phonogène

Das Studio verfügte unter anderem über eine Dreispur-Bandmaschine und zwei von Jacques Poullin entwickelte Bandmaschinen namens *Phonogène* sowie ein *Morphophone*, ein Magnettongerät, das mit Bandschleifen arbeitete und über zehn Wiedergabeköpfe zum Generieren von Echo-Effekten verfügte.[64] Das *Tolana-Phonogène* konnte auf Magnetband aufgezeichnetes Klangmaterial in unterschiedlichen Abspielgeschwindigkeiten und somit Tonhöhen wiedergeben. Das Besondere daran war, dass es die Möglichkeit bot, auf eine Bandschleife aufgezeichnetes

[60] Manning (2002), S. 23
[61] Vgl. Chadabe (1997), S. 31
[62] „Auffallend an den frühen Stücken der Musique Concrète waren die vielen kurzatmigen Wiederholungen, die damals von manchen so interpretiert wurden, daß damit suggestive Wirkungen erreicht werden sollten. Der höchst banale Grund für diese ‚Kurzatmigkeit' aber lag in einer mangelhaften Studio-[…]Technik; denn bis 1951 arbeiteten Schaeffer und Henry mit Plattenspielern". Humpert (1987), S. 24
[63] Vgl. Manning (2002), S. 27
[64] Vgl. Holmes (2002), S. 94

Klangmaterial über eine zwölfstufige Klaviatur und einen Umschalter in insgesamt 24 verschiedenen, chromatisch gestimmten Tonhöhen abzuspielen. Je nachdem, welche Taste gedrückt wurde, sprang die Bandschleife auf eine von zwölf unterschiedlich schnell rotierenden Führungsrollen, wodurch sich die Abspielgeschwindigkeit änderte und eine Transposition stattfand.[65] Das zweite Gerät, das sogenannte *Sareg-Phonogène*, erlaubte stufenlose Veränderungen der Bandgeschwindigkeit.[66]

Die Verfügbarkeit von Bandmaschinen hatte großen Einfluss auf die Arbeit der Komponisten:

> „Die enorm verfeinerten Möglichkeiten der Klangbeeinflussung blieben natürlich nicht ohne Auswirkungen auf das kompositorische Denken. Komplexere Bearbeitungsformen ersetzten schrittweise die kurzatmigen Wiederholungen, wie sie häufig von Vertretern der elektronischen Musik bemängelt worden waren“.[67]

Pierre Schaeffer beschreibt, wie die Flexibilität der Klangbearbeitung das Schaffen seines Kollegen Pierre Henry veränderte:

> „In dem Maß, in dem die Vervollkommnung der Technik mehr Präzision bei den Manipulationen erlaubte […], entwickelte sich Pierre Henry natürlich in die Richtung auf eine stärkere Einwirkung der abstrakten Idee auf das Material“[68].

Der Kompositionsansatz der Musique Concrète war dem herkömmlichen Verständnis von der Schaffung eines Musikstücks radikal entgegengesetzt. Während in der traditionellen Kompositionslehre am Anfang die geistige Konzeption steht, die sich in der Niederschrift fortsetzt und erst in der letzten Phase, der Aufführung, in ein tatsächliches musikalisches Ereignis mündet, bildete in der Musique Concrète die Sammlung des „konkreten“ musikalischen Materials in Form von Aufzeichnungen akustischer Ereignisse den Beginn der Entstehung des Werkes. In der zweiten Phase wurde mit diesem Material experimentiert, um dann in der dritten Phase eine (materielle) Komposition zu bilden.[69]

---

[65] Vgl. Klages (2002), S. 82
[66] Vgl. Manning (2002), S. 27
[67] Ruschkowski (1998), S. 213
[68] Schaeffer (1974), S. 71
[69] Vgl. Ruschkowski (1998), S. 210

2.3.3 Music for Magnetic Tape

Die ersten bekannten Experimente mit der Manipulation von Magnetbandaufzeichnungen als Kompositionsmittel wurden ab 1948 von dem New Yorker Ehepaar Louis und Bébé Barron durchgeführt. Die beiden Toningenieure experimentierten in ihrem Studio mit den musikalischen Möglichkeiten von Magnetband, wobei sie Instrumentalaufnahmen vorwärts und rückwärts abspielten oder die Bänder zerschnitten und in anderer Reihenfolge zusammensetzten. John Cage wurde auf die Arbeit der Barrons aufmerksam und gründete 1951 zusammen mit einigen anderen Komponisten das Projekt Music for Magnetic Tape. Im Studio der Barrons wurden einige Stücke unter Einsatz von Bandmanipulationen realisiert.[70]

> „Eine Komposition, sagte Cage, sollte frei sein vom individuellen Geschmack ihres Produzenten, frei von Tradition und Erinnerung."[71]

Um dieses Ideal umzusetzen und den menschlichen Einfluss zu minimieren, legte er seinen Kompositionen Zufallsoperationen zugrunde. So basiert beispielsweise das Stück *Imaginary Landscape No. 5* (1952) auf durch das *I-Ging* bestimmten Klangbearbeitungen in Form von aufwendigen Bandschnitt- und Bandschleifen-Operationen mit aufgezeichneten Instrumentalklängen, Gesang, Stadtgeräuschen usw.:

> „The intention was to provoke a positive reaction to such a kaleidoscope of disorder, shaking the protective assuredness of traditional musical tastes and expectations and impelling the listener to search actively for plausible associations amongst the diverse events."[72]

John Cage interessierte

> „das Tonband nicht so sehr wegen seiner Möglichkeiten der Klangtransformation und -speicherung, als vielmehr wegen seiner Verwendbarkeit in Kompositionen, bei denen der mehr oder weniger kalkulierte Zufall die Hauptrolle spielt (Collagetechnik mit Bandschnipseln)."[73]

Er beschreibt die Arbeitsweise bei der Komposition von Magnetband-Werken folgendermaßen:

---

[70] Vgl. Manning (2002), S. 86
[71] Ruschkowski (1998), S. 184
[72] Manning (2002), S. 87
[73] Schaeffer (1974), S. 94

> „Der hauptsächliche technische Beitrag meiner Arbeit mit dem Tonband besteht in der Montage-Methode, das heißt in der Methode, das Material derart zu schneiden, daß es die Einschwingung und Ausschwingung der aufgenommenen Klänge berührt. Mittels dieser Methode versuche ich die rein mechanische Wirkung der elektronischen Schwingung zu mildern, um das einzigartige Element der individuellen, ihre Zartheit, Kraft und besonderen Merkmale offenbarenden Klänge zu erhöhen und außerdem zeitweise komplette Umwandlungen der ursprünglichen Materialien einzubeziehen, um derart neue zu schaffen."[74]

2.3.4 Vladimir Ussachevsky und Otto Luening

Etwa zeitgleich mit John Cage begannen auch die Komponisten Otto Luening und Vladimir Ussachevsky, beide Dozenten an der Columbia University in New York, sich mit Kompositionen mit Hilfe von Magnetbandaufzeichnungen zu beschäftigen. Luening und Ussachevsky verfolgten bei ihren Kompositionen einen etwas konservativeren Ansatz als die Gruppe um John Cage:

> „They saw the tape recorder as a means of extending traditional ideas of tonality and instrumentation, rather than as a tool for creating a totally new sound world.“[75]

Als Klangquellen verwendeten sie nicht außermusikalische Geräusche, sondern Aufzeichnungen von Gesang und traditionellen Instrumenten wie Flöte oder Piano. Als Manipulationsverfahren bei ihren Magnetbandkompositionen setzten sie hauptsächlich mit Hilfe eines externen Hallgeräts erzeugte Rückkopplungen zur Verlängerung und Überlagerung von Tonverläufen sowie Geschwindigkeitsvariationen ein.[76]

> „Insbesondere Geschwindigkeitsvariationen im Verhältnis 2:1, d. h. in Oktaven auf- und abwärts, favorisierten Luening und Ussachevsky als musikalisches Gestaltungsmittel, da bei dieser Technik der Obertonaufbau des Ausgangklanges [sic] bei zunehmender Tonhöhenveränderung exakt erhalten bleibt, wenn sich auch die Klangfarbe inklusive aller Ein- und Ausschwingungvorgänge wandelt.“[77]

[74] Kostelanetz (1973), S. 182
[75] Manning (2002), S. 88
[76] Vgl. Ruschkowski (1998), S. 196
[77] Ebd.

Mit Hilfe dieser Technik war es ihnen möglich, Klänge über den gesamten Hörbereich auszudehnen oder sie zu neuen Skalen anzuordnen.[78] Des Weiteren nutzten sie rückwärts abgespielte Klänge und Bandschnitt, mit dem sie Ein- und Ausschwingungsvorgänge von Instrumentalklängen isolierten.[79]

Das erste öffentliche Konzert für Tape Music fand am 28. Oktober 1952 im New Yorker Museum of Modern Art statt. Die präsentierten Stücke, darunter Luenings *Low Speed* **[♪3]**, beruhten zwar auf massivem Einsatz der erwähnten Bandmanipulationsverfahren, waren aber musikalisch eher traditionell ausgerichtet:

> „Their structures retained many recognizable tonal characteristics such as simple chords, scales, and arpeggios.“[80]

Bei der Komposition mit Magnetband lag der Fokus für Luening und Ussachevsky nie auf den elektronischen Klangbearbeitungen selbst, sondern sie wurden als ein Mittel zur Erweiterung des expressiven Potentials der Musik betrachtet und eingesetzt. Die für Ussachevsky und Luening bedeutenden Faktoren bei der Arbeit mit dem Magnetbandgerät waren zum einen die sehr flexible Editierbarkeit des vorhandenen Klangmaterials und zum anderen die Möglichkeit des unmittelbaren Zugriffs durch den Komponisten selbst:[81]

> „In den Händen eines geschickten Komponisten ist es, wie ein beliebiges traditionelles Instrument, in der Lage, den Erfordernissen der schöpferischen Vorstellungskraft zu entsprechen.“[82]

Ihr Ziel war die Nutzung der neuen Gestaltungsmöglichkeiten zur Schaffung ungewohnter, mit speziellen Ausdruckswerten verknüpfter musikalischer Formen. Dabei sollte diese Musik nach Luening „bisher unbekannte psychische Reaktionen hervorrufen und sich besonders an das Unbewußte wenden.“[83]

Neben Solostücken für Tonband komponierten Luening und Ussachevsky ab 1954 auch Stücke für kombinierte Besetzungen wie *A Poem in Cycles and Bells*, das neben

[78] Vgl. ebd., S. 199
[79] Vgl. ebd., S. 196-197; Holmes (2002), S. 106
[80] Manning (2002), S. 89
[81] Vgl. Ruschkowski (1998), S. 198
[82] Ebd., S. 186
[83] Ebd., S. 198

Edgard Varèses Stück *Déserts* aus dem selben Jahr zu den ersten Kompositionen gehörte, welche die Live-Performance eines Symphonieorchesters mit Magnetband-Musik synchronisierten.[84] Diese Stücke zielten auf die Erweiterung des Klangspektrums traditioneller Orchesterinstrumente ab.[85]

2.3.5 Popmusik

Das erste überlieferte Beispiel für Pop-Produktionen, die nicht mit dem Ziel entstanden, eine möglichst authentische Reproduktion einer Live-Aufführung zu erstellen, bietet die Aufnahme des Stücks *Lover (When You're Near Me)* **[♪4]** des Gitarristen und Erfinders Les Paul von 1948. Für die Produktion realisierte er, wie bereits Hindemith Anfang der 1930er Jahre, eine frühe Variante des Overdubbing: Er zeichnete sein Gitarrenspiel auf eine Azetatschallplatte auf, spielte noch einmal auf der Gitarre, während er die Aufzeichnung wiedergab, und nahm beides zusammen auf eine weitere Platte auf. Diesen Arbeitsgang wiederholte er, bis er insgesamt acht Gitarrenspuren erzeugt hatte. Dabei ließ er die Aufnahme bei einigen *Takes* in halber Geschwindigkeit laufen und spielte sie hinterher in doppelter Geschwindigkeit ab, wodurch er Klangfarben und Tempi erreichte, die so nicht spielbar gewesen wären. Der Aufwand dieses Produktionsverfahrens war enorm: Bis ihn das Ergebnis zufriedenstellte hatte er über 500 Azetatscheiben verbraucht.[86]

Ein frühes Beispiel der Nutzung von Magnetbandmanipulationen zur Klangverfälschung und Erzeugung von „unnatürlichen" Effekten findet sich in den Musikstücken *The Witch Doctor* (1957) **[♪5]** und *The Chipmunk Song* (1958) aus der TV-Serie *Alvin and the Chipmunks*, für die Gesang langsamer aufgenommen und anschließend schneller abgespielt wurde, um ein hochgestimmtes und kinderstimmen-ähnliches „Zwitschern" zu erzeugen. Daher wird dieser Klangcharakter häufig als „Chipmunk-Effekt" bezeichnet.[87]

Auf die Produktion und die Ästhetik der Popmusik hatte die Entwicklung der Magnettonaufzeichnung gewaltige Auswirkungen. Besonders die Verbreitung von

[84] Vgl. Holmes (2002), S. 109
[85] Vgl. Ruschkowski (1998), S. 200
[86] Vgl. Lawrence (2008), S. 24
[87] Vgl. Manning (2002), S. 205

Mehrspur-Bandmaschinen führte zu großen Umbrüchen im Entstehungsprozess musikalischer Aufnahmen. Während Musikstücke zuvor komplett fertig entwickelt und einstudiert gewesen sein mussten, um dann in einem perfekten Take von der ganzen Band gemeinsam aufgenommen zu werden, entstand durch das *Multitracking* die Möglichkeit, alle Instrumente unabhängig voneinander aufzuzeichnen und zu bearbeiten. Die Einführung des Magnetbands führte zu der Tendenz, nicht mehr mit einer fertigen Komposition ins Studio zu gehen, sondern mit einer Skizze oder ganz ohne – die Komposition entsteht in direkter Verbindung zu den Möglichkeiten des Studios.[88]

> „Sound recording allows the musicians to distance themselves from the act of performance and to create ‚impossible music', that is, music that could not otherwise be conceived or performed."[89]

Die Kontrolle über das musikalische Gesamtbild lag zunehmend in den Händen des Produzenten und das Studio wurde ein eigenständiges Kompositionsinstrument.[90] Verstärkten Einsatz fand elektronisch manipuliertes Material in der Popmusik ab Mitte der 1960er Jahre. Die Beatles begannen mit ihrem Album *Revolver* (1966) Magnetbandmanipulationen wie Bandschleifen, Geschwindigkeitsvariationen oder Umkehrungen der Laufrichtung einzusetzen, beispielsweise auf dem Stück *Tomorrow Never Knows*[91] **[♪6]**. Ein weiterer Pionier in der kreativen Nutzung des Tonstudios war Brian Wilson, Produzent der Beach Boys, der beispielsweise in den Stücken *Good Vibrations* (1966) und *She's Going Bald* (1967) **[♪7]** das Tempophon zur Pitch-Bearbeitung von Gesangsstimmen einsetzte.[92]

In den 1970er Jahren entwickelte sich mit dem Hip-Hop eine Musikrichtung, die in ihren Anfängen ausschließlich auf der Wiedergabe und Manipulation von Schallplattenaufzeichnungen basierte. Die ersten DJs des Hip-Hop[93] spielten hauptsächlich Funk- und Soulplatten, wobei sie die verwendeten Stücke auf die energetischen *Breaks*[94] reduzierten.

---

[88] Vgl. Théberge (1997), S. 216
[89] Ebd.
[90] Vgl. ebd.
[91] Vgl. Manning (2002), S. 206
[92] Vgl. ebd., S. 205
[93] Zu erwähnen sind hier besonders Kool DJ Herc, Grandmaster Flash und Afrika Bambaataa.
[94] Breaks sind rhythmische, wenige Sekunden lange Teile am Ende eines formalen Abschnitts in einem Musikstück, in denen alle Instrumente bis auf das Schlagzeug und/oder die Percussions aussetzen.

> „The ‚break' was the part of the record that the dancers wanted to hear anyway, so he [Kool DJ Herc, Anm. d. Verf.] isolated it by playing two copies of the same record on two turntables – when the break on one turntable finished, he would play it on the other turntable in order to keep the *beat* going."[95]

Daher wurde diese Musik am Anfang auch „Breakbeat" genannt.

> „Herc und seine Nachfolger verstanden Songs und Lieder als Steinbrüche, aus denen Bausteine für ihre eigenen Werke herausgeklopft werden konnten."[96]

Angereichert wurden die Darbietungen der DJs später durch *Backspinning* und *Scratching*. Beim Backspinning wird die Platte mit aufliegender Nadel zurückgezogen, beim Scratching wird sie rhythmisch vor- und zurückgeschoben, wodurch je nach Geschwindigkeit und Dauer der Bewegung sowie dem Klangmaterial auf der Schallplatte unterschiedliche Soundeffekte entstehen.

The Adventures Of Grandmaster Flash On The Wheels of Steel, eine siebenminütige Collage aus zahlreichen verschiedenen Pop- und Rockstücken, war 1981 die erste Veröffentlichung, auf der die DJ-Manipulationstechniken intensiv eingesetzt wurden.[97]

> „Flash showed that, despite its normal usage, the turntable was really a percussion instrument with a tonal range and expressive capability far beyond that of drums, woodblocks and marimbas."[98]

Die Bedeutung des Plattenspielers für den Hip-Hop-DJ beschreibt John Oswald, Begründer des Projekts Plunderphonics, folgendermaßen:

> "A phonograph in the hands of a hip hop/scratch artist who plays a record like an electronic washboard with a phonographic needle as a plectrum, produces sounds which are unique and not reproduced - the record player becomes a musical instrument."[99]

Während der Plattenspieler als zentrales Musikinstrument im Hip-Hop zunächst ergänzt wurde durch *Drum-Machines* und nach der Einführung des Samplers eine

[95] Shapiro (2002), S. 165
[96] Poschardt (1997), S. 166
[97] Vgl. Shapiro (2002), S. 166
[98] Ebd.
[99] Oswald (1985)

weniger zentrale Rolle spielte als zuvor, entwickelte sich mit dem Turntablism ein eigenständiges musikalisches Genre, dessen Protagonisten die Basistechniken des Scratching immer weiter verfeinerten und ergänzten durch Manipulationen wie beispielsweise die Erzeugung von Melodien durch Geschwindigkeitsveränderungen mit dem Pitch-Regler.[100]

[100] Ein gutes Beispiel für den Einsatz derartiger Techniken bietet das Intro von Rob Swifts Track *Rob Gets Busy* (1995) **[♪8]**

2.4 Zwischenfazit

Die Auseinandersetzung mit den Möglichkeiten, Tonhöhen- und Zeitstrukturen zu manipulieren, begann mit der Einführung des Phonographen. Zahlreiche Versuche wurden unternommen, Schallplattenaufzeichnungen über die Reproduktion von musikalischen Darbietungen hinaus als musikalisches Ausdrucksmittel zu verwenden. Dabei bewegten sich die Manipulationsmöglichkeiten jedoch innerhalb sehr enger Grenzen. Zwar wurden einige spätere technische Verfahren, wie beispielsweise das Overdubbing, mit Hilfe von Schallplatten vorweg genommen, allerdings war der damit verbundene Aufwand so hoch und die Resultate waren von so geringer Qualität, dass sie immer Einzelexperimente blieben. So war der Plattenspieler als Kompositionsinstrument stets eine Randerscheinung. Von dieser Feststellung auszunehmen sind Musikrichtungen, in denen die Reproduktion und das Zitieren von Klangaufzeichnungen ein essentieller Bestandteil sind. Hier ist die zweckentfremdete Verwendung des Plattenspieler als Reproduktions-Musikinstrument bis heute weit verbreitet.

Im Vergleich zur Schallplatte bietet die Magnetbandaufzeichnung wesentlich umfangreichere und flexiblere Manipulationsmöglichkeiten. Diese haben dazu geführt, dass die Bandmaschine neben ihrer Verwendung als reines Aufzeichnungs- und Wiedergabegerät auch als genreübergreifender Bestandteil des kreativen Kompositionsprozesses nicht mehr wegzudenken ist und die Entwicklung der musikalischen Ästhetik des 20. Jahrhunderts maßgeblich beeinflusst hat.

3. Digitale Manipulation von Tonhöhen- und Zeitstrukturen

Die Einführung und Verbreitung von digitalen Technologien führte zu großen Veränderungen in der Verarbeitung von Audiomaterial. Innerhalb kurzer Zeit setzten sich digitale Anwendungen in vielen Bereichen der Musikproduktion und -rezeption gegen analoge Verfahren durch.

Wenn Audiomaterial einmal in die digitale Domäne überführt wurde, ist es in gleicher Form gespeichert wie andere digitale Daten, zum Beispiel Bilder, Videos oder Kommunikationsdaten:

> „Audio has now become a branch of information technology (IT).“[101]

Dieser Schritt bietet in der Musikproduktion eine Reihe von Vorteilen. Die Möglichkeit für die Speicherung, Verarbeitung und Übertragung von Audiomaterial auch auf digitale Entwicklungen aus anderen Bereichen zurückzugreifen hat die Weiterentwicklung im Audiobereich positiv beeinflusst und vor allem zu einer Reduzierung der Kosten geführt. Durch die relativ geringe Nachfrage ist ein Großteil der auf die analoge Audioverarbeitung spezialisierten Geräte sehr teuer. Mit der Entwicklung des Computers zum zentralen Arbeits-, Kommunikations- und Unterhaltungsmedium nahm sein Leistungsumfang enorm zu, während die Kosten für digitale Technik kontinuierlich sanken. Viele Arbeitsschritte, die mit analoger Technik nur unter großem Zeit- und Materialaufwand zu realisieren waren, können mit Hilfe von digitalen Verfahren weitaus einfacher und schneller realisiert werden.[102]

Die Ausstattung von Computern mit spezieller Audiosoftware macht im Prinzip jegliche digitale Signalverarbeitung am PC möglich. Virtuelle Studioumgebungen bieten heute die Möglichkeit, den gesamte Produktionsprozess von der Aufnahme bis zum *Mastering* innerhalb eines Computers und somit ohne Medienbruch durchzuführen.

[101] Watkinson (2002), S. 1
[102] Vgl. ebd.

Während bei analogen Verfahren jeder Arbeitsschritt manuell gesteuert werden musste, können mit digitalen Anwendungen selbst komplexe Abfolgen der Verarbeitung programmiert werden und erfolgen anschließend automatisiert – dies führt bei vielen Prozessen zu einer enormen Geschwindigkeitssteigerung gegenüber analogen Verfahren. Die Verzögerung zwischen dem Verarbeitungsbeginn und der Ausgabe ist dabei, je nach Art des Prozesses und der Leistung des verwendeten Computers, häufig so gering, dass sie jenseits der menschlichen Wahrnehmungsgrenze liegt und somit als „Echtzeit"-Verarbeitung bezeichnet werden kann.

Ein weiterer Vorteil der digitalen Verarbeitung von Audiomaterial ist die Möglichkeit des *Direct Access* – während das lineare Medium Magnetband zunächst an die richtige Stelle gespielt werden muss, um auf einen bestimmten Punkt innerhalb einer Aufzeichnung zugreifen zu können, arbeiten digitale Audio-*Workstations* (DAW) non-linear – unabhängig von ihrer Position innerhalb einer Aufnahme kann auf alle Daten innerhalb von Millisekunden zugegriffen werden.[103] Durch *Total Recall*, die automatische Wiederherstellung eines zu einem früheren Zeitpunkt gespeicherten Arbeitsstandes, ist es möglich, an verschiedenen Projekten parallel zu arbeiten oder auch ältere Projekte jederzeit ohne großen Aufwand wiederherzustellen und daran weiter zu arbeiten.

Bedeutend ist auch die Möglichkeit, Aufzeichnungen beliebig oft zu kopieren oder zwischen digitalen Produktionssystemen zu transferieren, ohne dass dabei ein Qualitätsverlust entsteht – für den Musikproduzenten bedeutet dies einen enormen Zuwachs an Flexibilität bei der Arbeit mit Klangmaterial. Hinzu kommt die Möglichkeit des non-destruktiven Zugriffs: Bei der Bearbeitung von Audiomaterial wird nicht in die Originaldatei eingegriffen, so dass alle vollzogenen Schritte jederzeit rückgängig gemacht werden können.

> „Single sounds, parts and even whole sections of pieces can be arranged and rearranged within the whole until the ideal settings are found. Once a sound has been digitally recorded it can be manipulated in a wide variety of ways within a digital editing programme."[104]

---

[103] Vgl. Watkinson (2002), S. 1

[104] Warner (2003), S. 21

Im Folgenden werden zunächst einige wichtige technische Grundlagen der digitalen Signalverarbeitung sowie der tonhöhen- und zeitbezogenen Manipulation von Audiomaterial mit digitalen Verfahren erläutert. Daran anschließend wird anhand der Darstellung einiger konkreter Anwendungen ein Überblick über die bedeutenden Entwicklungschritte der digitalen Manipulationsverfahren gegeben.

3.1 Technische Grundlagen

3.1.1 Digitale Signalverarbeitung

Für die Verarbeitung von Klangereignissen in digitalen Anwendungen muss zunächst eine binär darstellbare Repräsentation davon erstellt werden. Ein Mikrofon wandelt Schallwellen in eine Wechselspannung um, deren Verlauf die Schwingungen der Mikrofonmembran als Resultat der darauf einwirkenden Luftdruckschwankungen repräsentiert – der Schwingungscharakter des Originalsignals bleibt also erhalten.[105]

> „Um die Schwingung in eine dem Computer angemessene Form zu bringen, lässt sich die fortlaufende Bewegung als Zustandsfolge von beliebig kleinen Zeitabstufungen auffassen.“[106]

Der gesamte Vorgang der Aufbereitung für die digitale Weiterverarbeitung wird als *A/D-Wandlung* (Analog-Digital-Wandlung) bezeichnet. Bei der Überführung einer Wellenform in eine digitale Darstellung kommt üblicherweise das Verfahren der *Pulse Code Modulation* (PCM) zum Einsatz. Die PCM überträgt die elektrische Repräsentation des Audiosignals von ihrer kontinuierlichen Wellenform in eine Abfolge von diskreten Werten. Dazu werden in regelmäßigen Abständen Messungen der aktuellen Amplitude der Welle entnommen (*Abtastung*) und die ermittelten Spannungsimpulse jeweils auf die nächste Stufe innerhalb eines bestimmten Rasters gerundet (*Quantisierung*) (vgl. Abb. 4). Zwei Größen sind bei der A/D-Wandlung von Bedeutung: die Abtastfrequenz (*Sampling Rate*) und die Abtastauflösung (*Bitrate*). Die Abtastfrequenz bestimmt die zeitlichen Abstände, in denen das Signal

[105] Vgl. Warstat (1998), S. 12
[106] Ackermann (1991), S. 76

gemessen wird.[107] Die Abtastauflösung bestimmt, in wie viele Einzelstufen das Eingangssignal zerlegt wird.[108] Abtastfrequenz und Abtastauflösung definieren, wie präzise die digitale Repräsentation des Schalls ist. Der gesamte Vorgang der Abtastung und Quantisierung wird als *Sampling* bezeichnet.[109] Die *D/A-Wandlung* (Digital-Analog-Wandlung) erfolgt nach dem selben Prinzip wie die A/D-Wandlung, nur umgekehrt – die diskreten digitalen Werte werden gewandelt in eine kontinuierliche elektrische Spannungskurve.

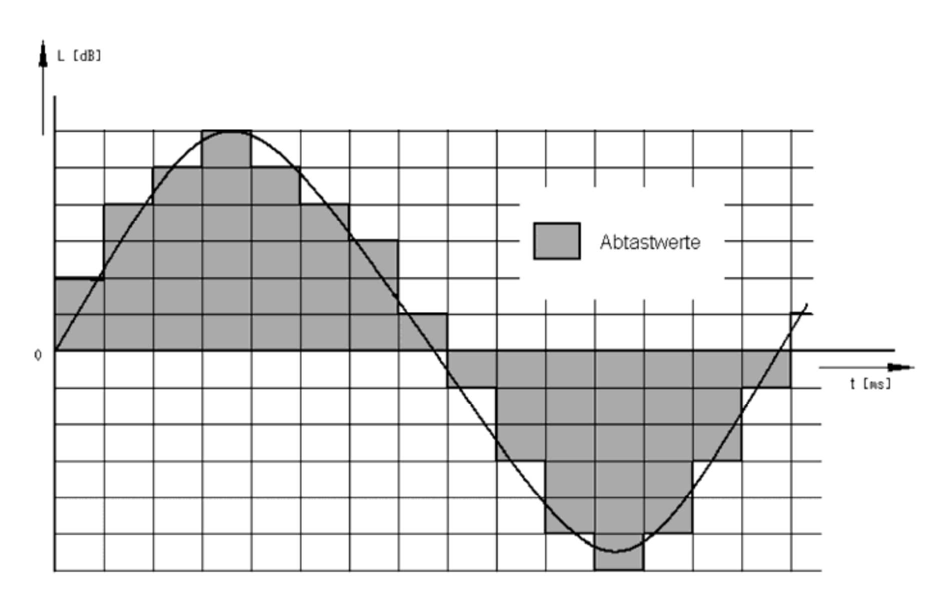


Abb. 4: A/D-Wandlung: Abtastung und Quantisierung[110]

3.1.2 Verfahren der digitalen Manipulation

Zwischen A/D- und D/A-Wandlung können Audiodaten digitalen Manipulationen unterzogen werden. Im Folgenden werden die wichtigsten technischen Grundlagen der tonhöhen- und zeitbezogenen Manipulation von Audiomaterial beschrieben.

[107] Nach dem *Nyquist-Theorem* muss die Abtastfrequenz mindestens doppelt so hoch sein wie die höchste Frequenz des zu wandelnden Signals, ansonsten kann es bei der Wandlung zu Fehlinterpretationen des Eingangssignals und somit zu hörbaren Artefakten (*Aliasing*) kommen. Vgl. Ackermann (1991), S. 77

[108] Bei einer Auflösung von 8 Bit können bis zu 256 (2^8=256) Abstufungen dargestellt werden, bei der beispielsweise für CDs üblichen Auflösung von 16 Bit sind es 65536 (2^{16}=65536) Abstufungen. Vgl. ebd., S. 76-77

[109] Vgl. ebd., S. 77

[110] Das horizontale Raster stellt die Abtastfrequenz, das vertikale Raster die Abtastauflösung dar.

3.1.2.1 Sampling Rate Conversion

Die einfachste Form der digitalen zeitbezogenen Klangmanipulation ist die gleichzeitige, voneinander abhängige Veränderung von Geschwindigkeit und Tonhöhe, wie sie auch mit analogen Aufzeichnungsgeräten möglich ist (vgl. Kapitel 2.2.1). Digital wird dieser Effekt realisiert durch das Auslesen des Signals mit einer anderen Abtastfrequenz als der bei der Digitalisierung verwendeten.[111] Für eine Anhebung der Tonhöhe wird die Sampling Rate beim Auslesen erhöht, für eine Absenkung wird sie verringert. Wenn die Eingangs-Sampling-Rate mit SR_{in} und die Ausgangs-Sampling-Rate mit SR_{out} bezeichnet wird, dann bestimmt das Verhältnis $SR_{\text{in}}/SR_{\text{out}}$ das Ausmaß der Tonhöhenveränderung.[112] Klanglich unterliegt das Signal bei dieser Vorgehensweise den gleichen Veränderungen wie bei den beschriebenen analogen Transpositionsverfahren.

3.1.2.2 Pitch Shifting und Time Stretching

Als Pitch Shifting wird die Veränderung der Tonhöhe eines Klanges ohne gleichzeitige Veränderung der Abspielgeschwindigkeit bezeichnet. Time Stretching bezeichnet die Veränderung der Geschwindigkeit ohne Einfluss auf die Tonhöhe. Zwar wurden bereits in der analogen Ära Versuche angestellt, die Abhängigkeit von Tonhöhe und Geschwindigkeit akustischer Signale aufzulösen, die Durchführung war jedoch aufwändig und die Klangqualität der Ergebnisse gering (vgl. Kapitel 2.2.1) – größere Verbreitung fanden Time Stretching und Pitch Shifting erst mit der Einführung digitaler Anwendungen. Im Folgenden werden die beiden Verfahren beschrieben, die in den meisten aktuellen Time Stretching- und Pitch Shifting-Anwendungen zum Einsatz kommen: die *Granularsynthese* und der *Phase Vocoder*.[113]

Granularsynthese

Die Theorie der Granularsynthese geht auf den britischen Physiker Dennis Gabor zurück, der Mitte der 1940er Jahre feststellte, dass jeder beliebige kontinuierliche Klang aus der Zusammensetzung von einzelnen Klangpartikeln erzeugt werden kann.[114] Er konstruierte ein elektro-optisches Gerät, den *Kinematical Frequency*

---

[111] Vgl. Lent (1989), S. 65
[112] Vgl. Roads (1996), S. 444
[113] Vgl. Bernsee (1999)
[114] Vgl. Roads (1996), S. 169

Converter, mit dem er Klangaufzeichnungen in kurze Fragmente zerlegen und ihre Tonhöhe und Geschwindigkeit unabhängig voneinander regulieren konnte.[115] Im Jahr 1959 verfasste Iannis Xenakis eine kompositorische Theorie zur Granularsynthese:

> „Jeder Klang, selbst eine kontinuierliche Änderung eines Klanges, kann als Ansammlung einer ausreichenden Zahl von Klangpartikeln verstanden werden. (…) Während der Einschwingphase, dem quasistationären Zustand sowie der Ausklingphase finden sich tausende von reinen Klängen in einem mehr oder weniger kurzen Zeitintervall."[116]

Xenakis wandte das Prinzip der Granularsynthese musikalisch an, indem er Magnetband mit Klangaufzeichnungen in winzige Segmente zerschnitt und diese in anderer Reihenfolge zusammenklebte, wodurch er aus den Klangfragmenten neue Klänge schuf.[117] Mittels Lochkarten erzeugte Curtis Roads 1974 erstmals granulare Klänge auf einem Computer, wobei die Berechnung eines Klanges von nur einer Minute Länge eine Woche dauerte.[118] Eine frühe Echtzeit-Computeranwendung der Granularsynthese realisierte Barry Truax um 1986.[119]

Die einzelnen Partikel, aus denen sich ein Klang zusammensetzt, werden in der Granularsynthese als *Grains* (Körner) bezeichnet. Ein Grain ist ein kurzes akustisches Ereignis (üblicherweise 1-100 ms), das eine Wellenform enthält, die durch eine Lautstärke-Hüllkurve geformt wird (vgl. Abb. 5). Ein Grain enthält also sowohl zeitbezogene (Startzeit, Dauer, Hüllkurvenverlauf, Wellenformverlauf) als auch frequenzbezogene Informationen (Frequenz der Wellenform im Grain, Spektrum der Wellenform).[120] Man kann sich

> „die Grains wie die Einzelbilder eines Films vorstellen: Sie sind in der Regel so kurz, dass man zwar das einzelne Grain kaum in Tonhöhe und Lautstärke definieren kann, aber eine Aneinanderreihung, also ein Stream von Grains, lässt sich durchaus als zeitliches Kontinuum tonal begreifen."[121]

---

[115] Vgl. Roads (2001), S. 61
[116] Xenakis (1959), zitiert nach Roads (1997), S. 20
[117] Vgl. Roads (2001), S. 64-65
[118] Vgl. Roads (1997), S. 20
[119] Vgl. Roads (2001), S. 112; Truax (1994), S. 38
[120] Vgl. Roads (1997), S. 17
[121] Stelkens (2001), S. 3

Neben dem verwendeten Klangmaterial ist auch die Graindichte – das Produkt aus Länge und Wiedergabefrequenz der einzelnen Grains – von Bedeutung für den Charakter des enstehenden Klanges. Auch die gewählten Hüllkurven (Fensterfunktionen) zum Ein- und Ausblenden der einzelnen Grains prägen diesen mit.[122]

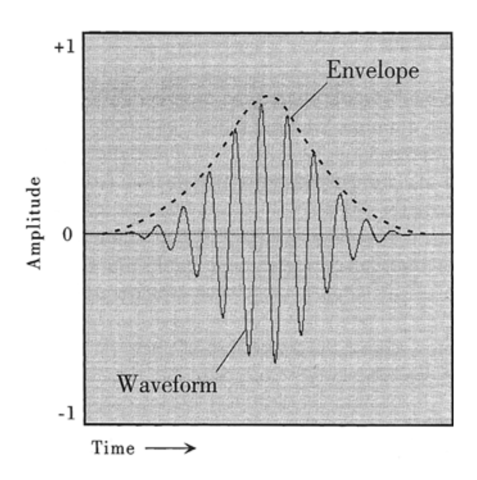


Abb. 5: Grain

Audio-Anwendungen, welche die Granularsynthese zur Manipulation der Tonhöhen- und Zeitstruktur einsetzen, greifen meist auf das Verfahren des *Time Domain Harmonic Scaling* (TDHS) zurück.[123] TDHS ist eine Variante der Granularsynthese, bei der die verwendeten Grains die Länge einer Schwingungsperiode der Grundfrequenz haben müssen – eine präzise Ermittlung der Grundfrequenz des Eingangssignals ist also unerlässlich.[124] Da sich die Grundfrequenz während eines Klangverlaufs mitunter ändert, muss die Grainlänge gegebenenfalls dynamisch daran angepasst werden.

Pitch Shifting wird mit TDHS durch eine Veränderung der Wiedergaberate realisiert: Wie erwähnt, hat jedes Grain die Länge einer Periode der Grundschwingung. Seine Grundfrequenz wird definiert durch die Anzahl der Schwingungsperioden pro Sekunde. Wenn nun die Wiedergaberate der Grains verändert wird, verändern sich auch die Perioden pro Sekunde – und damit die Grundfrequenz. Um die Länge des Original-

[122] Vgl. Stelkens (2001), S. 3-4
[123] Vgl. Bernsee (1999)
[124] Die Messung der Grundfrequenz wird häufig mit dem Verfahren der *Autokorrelation* durchgeführt. Dabei wird ermittelt, ob periodisch wiederkehrende Spitzenwerte in der Amplitude der Wellenform auftreten. Die Abstände zwischen diesen Pegelspitzen lassen auf die Grundfrequenz des Signals schließen. Die Zeit *t* (in Sekunden) zwischen den Wiederholungen der Pegelspitzen wird gemessen. Die Rechnung *1/t* ergibt die Frequenz in Hertz (Schwingungen pro Sekunde). Vgl. ebd.

signals beizubehalten, müssen während des Prozesses Grains hinzugefügt beziehungsweise entfernt werden. Da keine Transposition des Klanges stattfindet, verschieben sich die Formanten durch diese Bearbeitung nicht, der Klangcharakter bleibt also erhalten. Auf der anderen Seite lassen sich durch eine Veränderung der Sampling Rate die Formanten verschieben, ohne dass sich die Grundfrequenz verändert. Tonhöhe und Formanten können also unabhängig voneinander verändert werden.[125] Für die Verlängerung eines Signals werden einzelne Grains kopiert und wiedereingefügt, für eine Verkürzung werden Grains entfernt (vgl. Abb. 6).[126] Wenn also beispielsweise jedes Grain einmal kopiert und wiedereingefügt wird, verdoppelt sich die Länge des Signals. Um die Übergänge zwischen den Grains möglichst wenig hörbar zu machen, werden diese so angeordnet, dass sie sich an den Enden überlappen.[127]

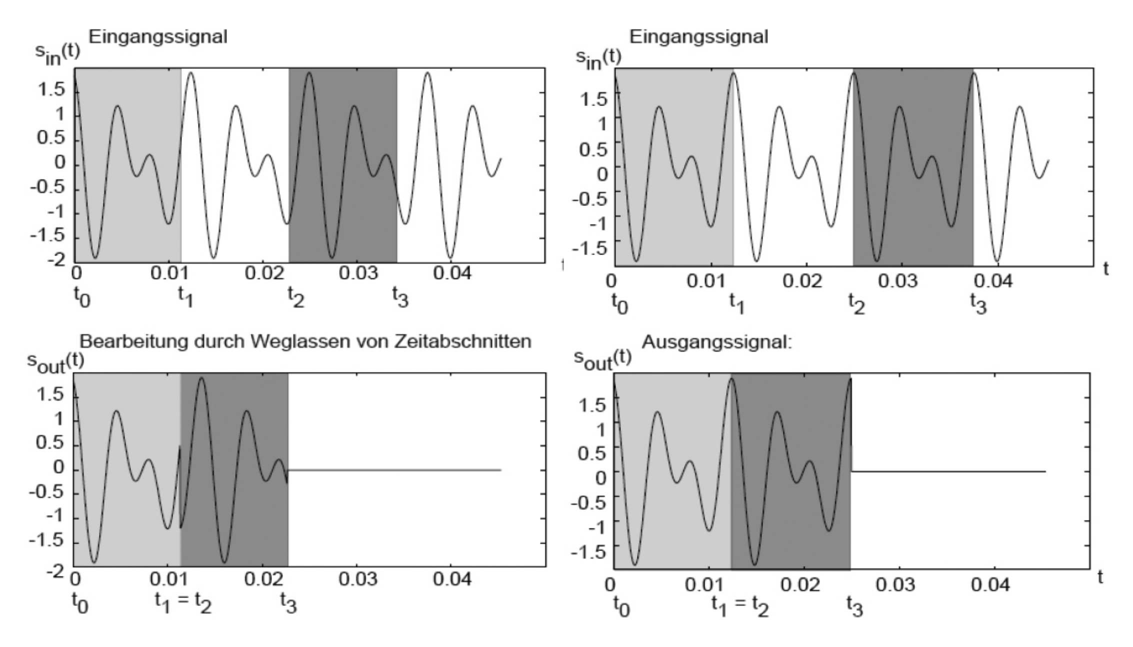


Abb. 6: TDHS – Beschleunigung eines Signals
ohne (links) und mit Analyse der Periodendauer (rechts)

Aus der Abhängigkeit des TDHS-Verfahrens von einer klaren Grundfrequenz ergibt sich, dass es für die Verarbeitung von Signalen aus einzelnen (musikalisch monophonen) Schallquellen gut geeignet ist, wohingegen die Verarbeitung von Signalen aus mehreren (musikalisch polyphonen) Schallquellen aufgrund des Fehlens einer klaren

[125] Vgl. Bernsee (1999)
[126] Vgl. Roads (1997), S. 24
[127] Vgl. Bernsee (1999)

Grundfrequenz problematisch ist und zu Fehlern bei der Berechnung des Ergebnisses führen kann.[128]

Phase Vocoder

Das erstmals von James Flanagan und Roger Golden 1966 beschriebene Verfahren des Phase Vocoders[129] wurde ursprünglich zur Verschlüsselung und Übertragung von transatlantischen Telefongesprächen entwickelt.[130] In den 1990er Jahren wurde das Verfahren deutlich verbessert, woraufhin es häufiger für Time Stretching und Pitch Shifting im musikalischen Bereich Verwendung fand.[131] Der Phase Vocoder ist *Resynthese*-Verfahren, das heißt es wird eine Analyse des Eingangssignals durchgeführt und aus den gewonnenen Parametern wird eine ggf. modifizierte Rekonstruktion des Originalsignals erstellt.[132]

Der Phase Vocoder beruht auf der Technik der *Fouriertransformation* (FT).[133] Die FT ist ein mathematischer Prozess, der eine kontinuierliche Wellenform als Summe der ihr zugrundeliegenden Sinuswellen darstellt – sie konvertiert das Eingangssignal in eine Repräsentation seines Frequenzspektrums.[134] Die analoge FT erfolgt, indem ein akustisches Signal durch eine Filterbank von parallel geschalteten *Bandpassfiltern* in einzelne Frequenzbänder (üblicherweise Terzbänder, also drei Bänder pro Oktave) aufgeteilt wird, die anschließend separat auf ihre Amplitude untersucht werden können. Das Verfahren eignet sich beispielsweise für die Messung des Resonanzverhaltens von Räumen, ist aber für musikalische Zwecke zu ungenau. Bessere Messergebnisse lassen sich mit digitalen FTs erzielen.[135]

---

[128] Vgl. Bernsee (1999)

[129] Vgl. Roads (2001), S. 239; der Phase Vocoder ist nicht zu verwechseln mit dem *Channel Vocoder*, der zwar auf ähnlichen technischen Prinzipien beruht, aber nicht für Pitch Shifting oder Time Stretching geeignet ist. In der musikalischen Praxis wird der Channel Vocoder meist für die Analyse und Übertragung von Formantfrequenzen eines Signals auf ein anderes Signal verwendet. Vgl. Bernsee (1999)

[130] Die Bezeichnung „Vocoder“ ist eine Abkürzung für „Voice Coder“. Vgl. Gordon (1987), S. 2

[131] Vgl. Bernsee (2006)

[132] Vgl. Ackermann (1991), S. 143

[133] Vgl. ebd., S. 142; „Der Satz von Fourier besagt zusammenfassend, dass man jede periodische Schwingung, wie kompliziert sie auch sein mag, als die Überlagerung reiner harmonischer Schwingungen darstellen kann, deren Grundfrequenz durch die Wiederholfrequenz der periodischen Schwingung gegeben ist.“ Ebd., S. 16

[134] Vgl. ebd.; Roads (1996), S. 550

[135] Vgl. Roads (1996), S. 1087

Um die FT auf zeitdiskrete, endliche und sich verändernde Signale anwenden zu können, wurde das Verfahren der *Short Time Fourier Transform* (STFT) entwickelt. Die STFT untersucht das Signal in einzelnen zeitlichen Segmenten, betrachtet es also durch Fenster von festgelegter Länge.[136] Durch die separate Messung der Spektren in allen aufeinanderfolgenden Fenstern wird eine Reihe von Ergebnissen erzielt, die zusammen eine Darstellung des zeitveränderlichen Spektrums bilden. An den Rändern der einzelnen Fenster kann es zu Verzerrungen des Ergebnisses kommen, wenn sich die Wellenform dort nicht gerade zufällig an einem Nulldurchgang befindet – gemessen wird nicht nur das Eingangssignal, sondern das Produkt aus Eingangssignal und Fenster.[137] Um diesen Effekt zu vermeiden, werden je nach Beschaffenheit des Signals unterschiedliche Fensterfunktionen eingesetzt, welche die Amplitude zu den Rändern hin langsam verringern (*Fade In*/*Fade Out*), damit jedes Fenster bei einer Amplitude von Null beginnt und endet, was die Verzerrung reduziert (vgl. Abb. 7).[138]

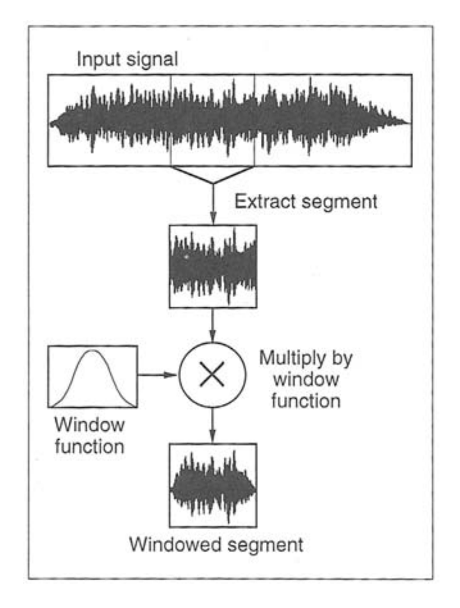


Abb. 7: STFT – Fensterfunktion

Nach Einsatz der Fensterfunktion führt die STFT bei den meisten praktischen Anwendungen eine *Fast Fourier Transformation* (FFT) für jedes einzelne Fenster durch. Die FFT generiert Datenblöcke, die als *Frames* bezeichnet werden. Jedes dieser Frames enthält Informationen über die Amplitude und die Phasenlage des Signals

[136] Auch im Phase Vocoder kommt also eine granulare Verarbeitung zum Einsatz. Vgl. Roads (1997), S. 28
[137] Vgl. Roads (1996), S. 551
[138] Vgl. ebd.; Ackermann (1991), S. 92-93;

innerhalb eines Fensters (vgl. Abb. 8).[139] Die Amplitude zeigt an, mit welcher Energie eine bestimmte Frequenzkomponente in einem Klang vertreten ist. Durch Messung der Phasenveränderungen zwischen den einzelnen Frames lässt sich die Veränderung der Frequenz ermitteln – daher die Bezeichnung „Phase Vocoder".[140] Durch den zeitlichen Verlauf der Werte von Amplitude und Frequenz wird die klangliche Entwicklung des verarbeiteten Eingangssignals beschrieben.[141] Aus den Messergebnissen lässt sich nun durch eine *inverse Fouriertransformation* (iSTFT[142]) und additive Synthese von Sinuswellen der Originalklang rekonstruieren. Dieser Vorgang wird als Resynthese bezeichnet (vgl. Abb. 9).[143]

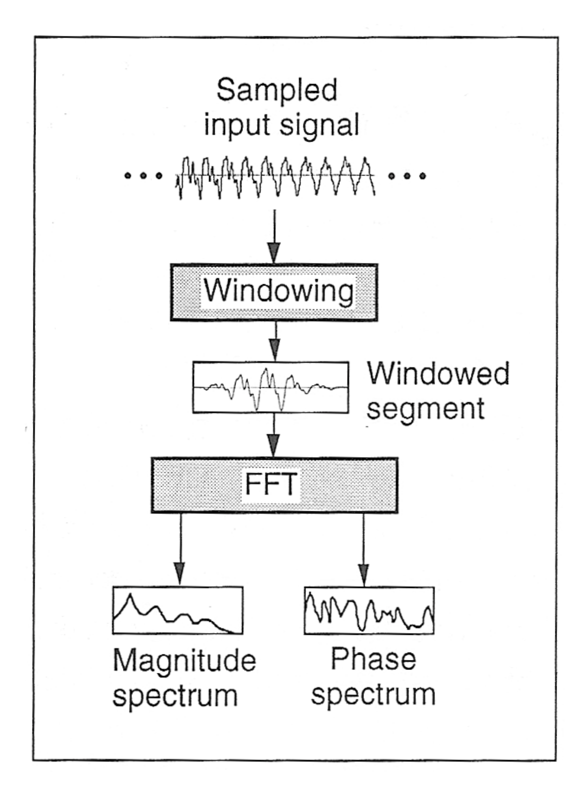


Abb. 8: STFT - Überblick

Zwischen Analyse und Resynthese lassen sich Manipulationen der Zeit- und der Frequenzachse vornehmen. Um den Klang zu verlängern oder zu verkürzen, werden die ermittelten Frequenzveränderungen auf der Zeitachse neu berechnet und langsamer oder schneller resynthetisiert. Tonhöhenveränderungen werden durch eine Skalierung

[139] Vgl. Roads (1996), S. 551
[140] Vgl. Roads (2001), S. 254; Bernsee (1999)
[141] Vgl. Ackermann (1991), S. 122
[142] Vgl. Bernsee (1999)
[143] Vgl. Ackermann (1991), S. 122

der Frequenzen erzielt – dadurch würden sich normalerweise auch die Formanten des Signals verschieben. Um dies zu vermeiden, wird die unveränderte Spektral-Hüllkurve des Eingangssignals auf das transponierte Frequenzspektrum übertragen. Wenn das Originalsignal beispielsweise eine Formantenfrequenz bei 2 kHz hatte, hat die transponierte Version diese nun auch.[144]

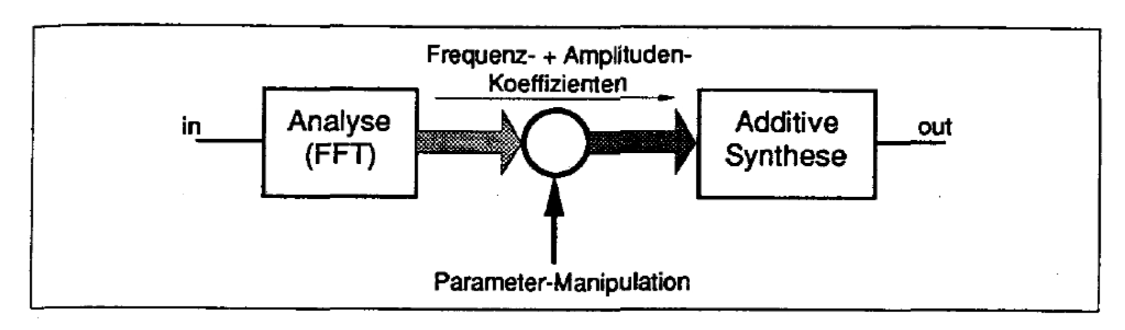


Abb. 9: Aufbau des Phase Vocoders

Dadurch, dass die Resynthese beim Phase Vocoder mit Sinuswellen erfolgt, die einen periodischen Verlauf haben, lassen sich gleichmäßig verlaufende Signale mit dieser Methode recht gut rekonstruieren. Schwieriger gestaltet sich die Darstellung von Material, das impulshafte und nichtperiodische Ereignisse enthält, wie beispielsweise perkussive Instrumente oder Konsonanten in Sprach- und Gesangsaufnahmen. Da sie durch die periodische Sinusfunktion nicht gut darstellbar sind, kommt es hier leicht zu einem verwaschenen, verhallten und indirekten Klang infolge mangelnder Kohärenz der Wellen.[145] Ein Ansatz zur Vermeidung dieses Problems besteht darin, die Amplitude, Frequenz und Phasenlage im Umfeld von impulshaften Klangereignissen mit dem Originalsignal zu vergleichen und gegebenenfalls daran anzunähern.[146] Im Unterschied zu TDHS kann das Phase Vocoder-Verfahren nicht in Echtzeit eingesetzt werden.[147]

Welche Verfahren zur Berechnung von Pitch Shifting und Time Stretching verwendet werden, ist bei kommerziellen Anwendungen meist ein wohlgehütetes Geheimnis. Die beiden oben beschriebenen Verfahren kommen jedoch in den meisten aktuellen Anwendungen zur Tonhöhen- und Geschwindigkeitsbearbeitung zum Einsatz, wobei

[144] Vgl. Dolson (1986), S. 24; Roads (2001), S. 260
[145] Vgl. Bernsee (2006); Bernsee (1999)
[146] Vgl. Roads (2001), S. 258
[147] Vgl. Bernsee (1999)

sie mitunter auch kombiniert werden. Dabei ist die Auswahl des Verfahrens abhängig von der Art der Bearbeitung sowie von der Beschaffenheit des jeweiligen Ausgangsmaterials.[148]

3.2 Geschichte der digitalen Klangmanipulation

Der ursprüngliche Einsatzzweck der ersten Musikcomputer, die seit den 1950er Jahren im Einsatz waren, war die wissenschaftliche Datenverarbeitung. Sie waren groß und teuer und somit wenigen Nutzern vorbehalten. Gegen Ende der 1960er Jahre wurden kleinere und günstigere Modelle verfügbar, so dass einige Tonstudios in der Lage waren, sich eigene Computer anzuschaffen. Die Leistung der Geräte dieser Zeit war für eine direkte Synthese oder Bearbeitung von Audiomaterial noch nicht ausreichend, sie dienten lediglich zur Steuerung von analogen Geräten. Das änderte sich jedoch in den folgenden Jahren. Die fortschreitende Entwicklung der Digitaltechnik führte ab den 1970er Jahren zur Konstruktion von Geräten, die auf die Verarbeitung von Audiosignalen spezialisiert waren und die Leistung ihrer Vorgänger bei einem Bruchteil von deren Preis und Größe um ein Vielfaches übertrafen.[149]

3.2.1 Varispeech

Mit dem *Varispeech I* der Firma Lexicon kam im Jahr 1972 erstmals ein digitales Verfahren auf den Markt, das eine unabhängige Veränderung der Tonhöhe und Geschwindigkeit von Audioaufzeichnungen erlaubte **[♪9]**.[150] Die beiden ersten Modelle der Varispeech-Reihe waren in pitchbare Tonbandgeräte eingebaut, mit denen sie synchronisiert werden konnten. Bei Veränderungen der Bandgeschwindigkeit stellten sie automatisch die Originaltonhöhe der Aufnahme wieder her.[151] Das Verfahren ent-

---

[148] Laut Stephan M. Bernsee, Entwickler der Audiobearbeitungssoftware *Time Factory*, wird die Granularsynthese unter anderem bei der Bearbeitung monophoner Klänge in Anwendungen wie Antares Auto-Tune und Celemony Melodyne verwendet, auf den Phase Vocoder greift beispielsweise Melodyne bei der Manipulation polyphonen Materials zurück. Vgl. Bernsee (2006); im weiteren Verlauf der Arbeit wird bei der Beschreibung von Anwendungen nur dann auf die zugrundeliegende Technik eingegangen, wenn diese bekannt und im jeweiligen Zusammenhang von Bedeutung ist.

[149] Vgl. Manning (2002), S. 213-214

[150] Vgl. Lösener (2004), S. 128; Roads (2001), S. 443; ebenfalls 1972 hatte der Hersteller Lexicon mit dem Delaygerät *Delta 101* das nach eigenen Angaben erste kommerziell verfügbare professionelle digitale Audioprodukt überhaupt auf den Markt gebracht. Vgl. http://www.lexicon.com/press/press-details.asp?pressID=46 (10.11.2009)

[151] Vgl. Lösener (2004), S. 128

spricht dem Prinzip des Samplings mit rotierenden Tonköpfen (vgl. Kapitel 2.2.1) – um die Geschwindigkeit zu verändern, werden digitale Grains aus dem Eingangssignal entnommen und anschließend wieder zusammengefügt. Verlängerungen des Klanges werden durch Klonen, Verkürzungen durch Entfernen von Grains realisiert. Für Tonhöhenveränderungen wird die Sampling Rate beim Auslesen der Aufzeichnung verändert (vgl. Kapitel 3.1.2.1). Um die dabei auftretenden Veränderungen der Dauer auszugleichen, werden wiederum Grains geklont oder entfernt. Um die Entstehung von Störgeräuschen („Clicks“) zu reduzieren, gleicht das Varispeech-Verfahren Pegelunterschiede an den Schnittpunkten zwischen den Grains automatisch aus.[152] Es ermöglicht Time Stretching im Rahmen von 50 %-250 %.[153]

Während das Varispeech I für den Einsatz in der Sprachtherapie konzipiert war[154], spezialisierte sich Lexicon in den folgenden Jahren auf die Herstellung von Geräten für den professionellen Audiobereich und das Varispeech-Verfahren wurde nach Lösener vielfach auch im Rundfunk-Bereich und in der Musikproduktion eingesetzt, wobei es auch für die Erzeugung von Special-Effects verwendet wurde.[155] In den 1990er Jahren verwendete die deutsche Bundeswehr das Modell *Varispeech 27Y* als Hilfe bei der Übersetzung abgehörter Funksprüche.[156]

3.2.2 Harmonizer

Der *H910 Harmonizer* des Herstellers Eventide kam 1975 auf den Markt und war das erste kommerziell verfügbare Gerät, das digitales Pitch Shifting in Echtzeit erlaubte.[157] Es ermöglicht eine Anhebung oder Absenkung der Tonhöhe bis zu einer Oktave.[158] Um die Tonhöhe zu verändern, wird das Eingangssignal in den Arbeitsspeicher des Geräts geladen und mit einer anderen als der ursprünglichen Sampling Rate wieder ausgelesen (vgl. Kapitel 3.1.2.1). Um die daraus resultierenden Veränderungen in der Dauer des Signals auszugleichen, werden Samples wiederholt oder

[152] Vgl. Roads (1996), S. 443
[153] Vgl. Lösener (2004), S. 129
[154] Verfahren zur Zeitkompression von Audiosignalen kommen in therapeutischen Zusammenhängen häufig zum Einsatz. Vgl. z. B. http://jshd.asha.org/cgi/content/abstract/42/4/483 (10.11.2009)
[155] Vgl. Lösener (2004), S. 128
[156] Grabau (2004), S. 76
[157] Vgl. Roads (1996), S. 444; Bode (1984), S. 734
[158] Vgl. Mix Online (2007)

ausgelassen. Dadurch verändert sich die Länge des Ausgangssignals im Verhältnis zur Länge des Eingangssignals. Um diese Veränderung auszugleichen, muss das Gerät beim Auslesen des Signals einzelne Samples überspringen oder kopieren. Damit es an diesen Stellen nicht zu hörbaren Artefakten kommt, wird ihr Zeitpunkt auf der Basis der Frequenz des Eingangssignals berechnet, so dass die Sprünge nach Möglichkeit an Nulldurchgängen zwischen zwei Perioden stattfinden. Zusätzlich wird das Signal vor dem Sprung mit einem Fade Out und das Signal nach dem Sprung mit einem Fade In versehen.[159] Zusätzlich kann durch Eingangssignal durch ein *Noise Gate*[160] geschickt werden, damit Umgebungsgeräusche nicht in die Verarbeitung übernommen werden. Die Qualität der Bearbeitung hängt ab von den Eigenschaften des Eingangssignals und von der Größe der vorgenommenen Tonhöhenveränderung.[161] Bei Transpositionen bis zu einem Halbton sind normalerweise fast keine Klangveränderungen wahrnehmbar. Bei größeren Transpositionen bekommt der Klang eine für den Harmonizer typische Färbung.[162]



Abb. 10: H910 Harmonizer

Neben einfachen Transpositionen des Eingangssignals lassen sich mit dem Harmonizer verschiedene andere Effekte erzielen. Das Hinzufügen eines leicht verstimmten Klanges zum Originalsignal kann beispielsweise Gesangs- oder Instrumentalaufnahmen zu einem voluminöseren Klang verhelfen. Mit stärkeren Verstimmungen lässt sich aus einer Einzelaufnahme der Eindruck eines Chors oder Orchesters erzeugen – wobei hier angemerkt werden muss, dass durch den exakt synchronen Verlauf der einzelnen Stimmen kaum ein authentischer Klangeindruck echter Mehrstimmigkeit entstehen kann. Auch extreme, unnatürliche Effekte lassen sich mit dem Harmonizer erzeugen. Ein Beispiel dafür bietet der tiefer gestimmte Snaredrum-Sound auf David

[159] Vgl. Roads (1996), S. 444
[160] Mit einem Noise Gate lassen sich Störgeräusche in leisen Passagen von Audiomaterial unterdrücken. Vgl. Ackermann (1991), S. 322
[161] Vgl. Roads (1996), S. 444
[162] Vgl. Zölzer (2002), S. 217

Bowies Stück *Young Americans*.[163] Welchen Eindruck die neuen Möglichkeiten des Harmonizers in den 1970er Jahren auf Toningenieure und Musiker machten, verdeutlicht ein Zitat von David Bowies damaligem Produzenten Tony Visconti:

> „I received a press release about the Harmonizer that claimed it could change pitch without changing speed. This was science fiction to me, and no matter how much it cost, I had to have one. Now, as the manual suggested auditioning instruments and voices through the Harmonizer, I stayed up all night processing every single track on a multitrack tape. When I put a snare drum through it — while decreasing the pitch and adding feedback — I heard the heaviest snare of my live. It was truly magic, and I couldn't wait to try this thing out on a commercial recording."[164]

Die Harmonizer-Serie fand insbesondere unter Gitarristen weite Verbreitung und wird bis heute häufig eingesetzt. Prominente Anwender sind beispielsweise Frank Zappa, Eddie van Halen und Jimmy Page, Gitarrist der Band Led Zeppelin. Robert Plant, der Sänger der Band, setzte den Harmonizer ein, um auf Konzerten mit sich selbst als Backgroundsänger auftreten zu können.[165] In den 1980er Jahren wurde der *H949 Harmonizer* häufig für die Intonationskorrektur verwendet[166], wobei er in Klangqualität und Flexibilität nicht mit heutigen Verfahren vergleichbar war.[167]

---

[163] Das Stück ist enthalten auf dem gleichnamigen Album, veröffentlicht 1975 auf RCA Records.
[164] Visconti, Tony (1995), zitiert nach Molenda (2007), S. 3
[165] Vgl. Driscoll (2006), S. 1
[166] Vgl. Treacy (2008)
[167] „When it comes to fixing up an off-key vocal performance, software such as Auto-Tune and Melodyne offers much more transparent pitch-shifting and can detect pitch deviations and compensate automatically, without requiring skilful manual control." Inglis (2003)

3.2.3 Sampling

Digitales Sampling[168] ermöglicht die Aufzeichnung, Bearbeitung und Wiedergabe von Audiomaterial. Aufgezeichnete Klänge können beispielsweise über eine Klaviatur in der gewünschten Tonhöhe abgespielt werden.[169]

> „Damit entsteht ein universelles Musikinstrument der Reproduktion, dessen Klang vom jeweils gespeicherten Material abhängt."[170]

Die Einführung des digitalen Samplers bedeutete für die Musikproduktion „eine kleine Revolution"[171]: Zum einen ist es durch Sampling möglich, beliebige Instrumentalklänge in Stücke einfließen zu lassen, ohne die Instrumente selber spielen zu können oder Musiker bezahlen zu müssen.[172] Zum anderen bietet der Sampler eine Vielzahl von Manipulationsmöglichkeiten – die digitale Speicherung ermöglicht einen wesentlich schnelleren, einfacheren und präziseren Zugriff auf die Mikrostruktur von Klängen als analoge Geräte.

Die ersten kommerziell erhältlichen digitalen Sampler waren das Fairlight *Computer Music Instrument* (CMI) und das *Synclavier* des Herstellers New England Digital (NED), die beide 1979 auf den Markt kamen. Während diese Geräte so teuer waren, dass sie nur in wenigen großen Tonstudios zum Einsatz kamen, wurden in den darauffolgenden Jahren, bedingt durch die rasante technische Entwicklung und den Preisverfall digitaler Bauteile, immer günstigere und leistungsfähigere Geräte auf den

---

[168] Der Begriff „Sampling" weicht in diesem Zusammenhang von seiner Bedeutung im Zusammenhang mit der A/D-Wandlung ab. An dieser Stelle bezeichnet Sampling nicht das Verfahren der digitalen Abtastung eines kontinuierlichen Audiosignals, sondern das Erstellen einer digitalen Aufnahme von einem üblicherweise relativ kurzen Klang. Ein „Sample" meint hier also nicht einen Abtastwert wie bei der A/D-Wandlung, sondern das beim Vorgang des Sampling entstehende Klangfragment.

[169] Vgl. Roads (1996), S. 117

[170] Großmann (2002), S. 320

[171] Ackermann (1991), S. 116

[172] Als analoger Vorläufer des digitalen Samplers kann das Mitte der 1960er Jahre entwickelte *Mellotron* betrachtet werden, ein elektromechanisches Gerät, mit dem Magnetbandaufzeichnungen beliebiger Musikinstrumente über eine Klaviatur abgespielt werden können. Auf Tastendruck wird das jeweilige Magnetband an dem der Taste zugeordneten Lesekopf entlang geführt – pro Taste gibt es eine Aufzeichnung. Die Arbeit mit dem Mellotron ist nicht unproblematisch: Zum einen ist das Erstellen der Klangaufzeichnungen und das Wechseln der Bänder sehr aufwändig und das Instrument hat ein hohes Gewicht, zum anderen nutzen die Bänder schnell ab und die komplizierte Mechanik führt leicht zu Fehlern. Vgl. Roads (1996), S. 120; Davies (1994), S. 6

Markt gebracht.[173] Der Sampler fand in Tonstudios weite Verbreitung und ist heute ein essentieller Bestandteil der meisten Popmusik-Produktionen.

Zu den wichtigsten Bearbeitungsmöglichkeiten des Samplers gehört das Loopen von Klangabschnitten. Es funktioniert im Prinzip wie die Endlosrille oder die Bandschleife (vgl. Kapitel 2.2.3) und dient unter anderem der Verlängerung von relativ gleichmäßigen, in ihrer Länge nicht vorbestimmten Klängen, beispielsweise von Orgeln, Streichern oder Chören.[174] Geloopte Klänge können so lange erklingen, wie die Taste gedrückt wird. Die Übergänge zwischen Start- und Endpunkt eines Loops lassen sich mit dem Sampler sehr viel feiner gestalten als mit analogen Verfahren – beispielsweise lässt sich das aus unterschiedlichen Amplituden resultierende Knacken vermeiden, indem genau an den Nulldurchgängen der Welle geschnitten oder darauf geachtet wird, dass die Amplitude am Start- und Endpunkt etwa gleich ist. Alternativ dazu lassen sich auch Crossfades zwischen End- und Startpunkt des Loops erzeugen.[175]

Beim *Multisampling* wird ein aufgezeichneter Klang über die Tastatur verteilt, wobei er durch verändern der Sampling Rate (vgl. Kapitel 3.1.2.1) in seiner Tonhöhe an die jeweilige Taste angepasst wird. Um zu starke Transpositionen und die damit verbundenen Klangveränderungen zu vermeiden, werden mehrere Samples in verschiedenen Tonhöhen aufgezeichnet.[176] Durch die Speicherkapazität von modernen Samplern ist Multisampling heute meist nicht mehr notwendig.[177] Stattdessen werden häufig für jeden Ton mehrere Varianten des Originalklanges aufgezeichnet, die sich durch unterschiedlich starkes Drücken der Keyboard-Taste abrufen lassen.[178] Dadurch ist eine wesentlich größere klangliche Vielfalt möglich als mit Multisampling.

---

[173] Vgl. Großmann (2002), S. 320

[174] Um einen Loop zu erstellen, wird zunächst ein fester Start- und Endpunkt definiert. Nach dem Erreichen des Endpunktes wird das Sample automatisch erneut ab dem Startpunkt ausgelesen.

[175] Vgl. Russ (1996), S. 205

[176] Ackermann (1991), S. 119

[177] Bei Softwaresamplern ist die Samplegröße im Prinzip nur durch den Speicherplatz auf der Festplatte des Computers beschränkt.

[178] Beispielsweise unterschiedliche Anschlagsstärken bei Klaviersamples.

Je nach Ausführung erlauben Sampler weitere Manipulationen des Audiomaterials, von Bearbeitungen der Amplituden-Hüllkurve über den Einsatz von Filtern bis hin zu Time Stretching und Pitch Shifting.

Eine Musikrichtung, die maßgeblich durch die technischen Gegebenheiten des Samplers geprägt wurde, ist der Hip-Hop. Bevor es Anfang der 1990er Jahre zu zahlreichen Gerichtsverfahren wegen der Verletzung von Urheberrechten durch Sampling kam, bestanden die meisten Hip-Hop-Beats zu einem großen Teil aus Fragmenten anderer Musikstücke, die aus dem Originalkontext herausgelöst, teilweise bearbeitet und in das eigene Stück eingesetzt wurden. Wie essentiell diese Verfahrensweise für die Musik war, beschreibt DJ Shadow:

> „Schneiden und Kleben ist für mich der Kern der Hip-Hop-Kultur. Es geht darum, Dinge aus dem herauszuziehen, was um dich herum ist, sie umzustürzen und aus ihrem Zusammenhang zu reißen und etwas daraus zu machen, was mehr für die Mentalität der Straße oder für Überlebensgefühl steht.“[179]

Einige Samples wurden von unzähligen Musikern aus verschiedensten Musikrichtungen auf vielfache Weise manipuliert und in neue Zusammenhänge gesetzt. Zu den bekanntesten Beispielen gehört eine viertaktige Schlagzeugsequenz aus dem Stück *Amen, Brother* der Band The Winstons von 1969. Dieses Sample wurde in hunderten von Stücken verwendet und ist heute unter dem Namen *Amen Break* weitaus bekannter als das Originalstück, aus dem es stammt. So basierten beispielsweise die Schlagzeugspuren im Drum & Bass, der Anfang der 1990er Jahre in Großbritannien entstand, mehrere Jahre lang fast ausschließlich auf diesem Break **[♪10-13]**.



Abb. 11: E-mu Emulator II (1984)



Abb. 12: Akai MPC2000 (1997)

[179] DJ Shadow, zitiert nach Rule (1997), S. 18

3.2.4 VariPhrase

Ein neuartiger Sampling-Ansatz entstand mit der *VariPhrase*-Technologie des Herstellers Roland im Jahr 2000. Der Sampler *VP-9000* ermöglicht eine Manipulation von Audiomaterial, die in ihrer Flexibilität die Fähigkeiten von herkömmlichen Samplern weit übertrifft.[180]

Vor seiner Bearbeitung muss das zu bearbeitende Material aufgezeichnet oder in das Gerät geladen werden wie bei einem konventionellen Sampler. Anschließend wird es einer Analyse („Encoding") unterzogen. Während der Analyse werden Informationen über die Beschaffenheit des Materials in „Maps" mit der Audiodatei gespeichert, auf die später, während der Bearbeitung, zurückgegriffen werden kann. Nach der Analyse kann das Audiomaterial in Echtzeit manipuliert werden.[181] Beispielsweise lässt sich der Klang dehnen und stauchen, ohne dass sich die Tonhöhe verändert, oder über eine MIDI-Tastatur transponiert abspielen, ohne dass sich seine Länge und die Formantenstruktur verändern – sie werden automatisch angepasst. Durch die von der Tonhöhe unabhängige Transposition der Formanten kann der Charakter eines Klanges verändert werden, beispielsweise lässt sich eine Männerstimme charakterlich einer Frauenstimme annähern und umgekehrt.[182] Des Weiteren kann der Groove von rhythmischem Material verändert werden – beispielsweise lässt sich ein gerades Schlagzeug-*Pattern* mit einem Swing-Rhythmus versehen.[183] Monophone Klänge lassen sich, je nach ihrer Beschaffenheit, relativ stark manipulieren, ohne dass ihr Charakter hörbar verändert wird. Die Bearbeitung von polyphonem Material stellt sich problematischer dar – hier kommt es schon bei geringfügigen Manipulationen zu Verzerrungen und Artefakten.[184]

Bei ihrer Einführung weckte die VariPhrase-Technologie in der Audio-Branche große Aufmerksamkeit. Zwar waren viele ihrer Funktionen bereits zuvor verfügbar, aber nicht in einem Gerät.[185] Das VariPhrase-Verfahren kündete von einer Entwicklung in

[180] Vgl. Manning (2002), S. 331
[181] Vgl. Johnson (2000)
[182] Vgl. Brüse (2000 (1)), S. 21
[183] Vgl. Johnson (2000)
[184] Vgl. Brüse (2000 (1)), S. 22
[185] Vgl. Brice (2004), S. 414-415

Richtung der „Verflüssigung“[186] von Audiomaterial, die sich in verschiedensten Anwendungen bis heute fortsetzt und deren Ende kaum absehbar ist. Kurz nach der Markteinführung schrieb Claudius Brüse in einer Besprechung des VP-9000:

> „Wenn die Entwicklung so weitergeht, werden wir bald in der Bearbeitung von MIDI und Audio kaum noch einen Unterschied spüren.“[187]

Diese Aussage wurde durch die Veröffentlichungen der darauffolgenden Jahre bestätigt – der Fortschritt war so rasant, dass der VP-9000 durch die Einführung preisgünstigerer und leistungsfähigerer Softwareanwendungen bereits kurz nach seiner Markteinführung überholt war.



Abb. 13: Roland VP-9000

---

[186] Großmann (2003), S. 61

[187] Brüse (2000 (1)), S. 26; Brüse bezieht sich hier auf die Flexibilität der MIDI-Bearbeitung: Es wird nicht in die Struktur von aufgezeichnetem Audiomaterial eingegriffen, sondern es werden lediglich beispielsweise Spielanweisungen an den Klangerzeuger modifiziert. Daher kann jeder Ton einzeln problemlos umfassend editiert werden (vgl. Kapitel 5.3).

4. Aktuelle Verfahren – Elastic Audio

In den vergangenen Jahren ist bei Anwendungen zur Verarbeitung von Audiomaterial eine deutliche Tendenz weg von Hardwaregeräten und hin zu softwaregestützten Anwendungen zu erkennen. Dieser Trend ist auf die steigende Leistung und Speicherkapazität der Computer zurückzuführen. Während Computer in den 1980er Jahren gerade in der Lage waren, mit einem *Sequenzer*-Programm MIDI-Geräte zur Klangerzeugung zu steuern beziehungsweise Steuerdaten aufzuzeichnen und zu editieren, können heute selbst Heimcomputer Audiomaterial aufzeichnen, während gleichzeitig mehrere bereits aufgenommene Spuren wiedergegeben und Klangerzeugungs- und Effekt-*Plugins*[188] ausgeführt werden.

Bedingt durch diese Leistungssteigerung hat sich seit Ende der 1990er Jahre eine Gattung von softwarebasierten Verfahren zur Manipulation von Audiomaterial herausgebildet, für die sich noch kein fester Oberbegriff etabliert hat, die aber häufig unter der Bezeichnung „Elastic Audio“ zusammengefasst werden.[189] Charakteristisch für diese Anwendungen ist, dass sie sehr weitreichende und voneinander unabhängige Manipulationen verschiedenster zeit- und tonhöhenbezogener Klangparameter ermöglichen, so dass akustisches Material quasi wie Knetmasse modellierbar erscheint.[190] Anwendungsbezeichnungen wie *VariAudio*, *Flex Time* oder *Liquid Audio* spiegeln diese Flexibilität wieder.

---

[188] Plugins sind Computerprogramme, die innerhalb eines *Host*-Programms wie beispielsweise eines Audio-Sequenzers ausgeführt werden und dieses um spezielle Funktionen erweitern.

[189] Da die Bezeichnung „Elastic Audio“ bereits recht verbreitet ist und die Zielsetzung der darunter zusammengefassten Anwendungen sehr treffend beschreibt, wird sie für den weiteren Verlauf der Arbeit übernommen. Der Begriff „Elastic Audio“ wird von mehreren Firmen als Bezeichnung für ihre Zeit- und Tonhöhenbearbeitungssysteme verwendet: Vgl. u. a. Digidesign (2007), S. 16; Magix (2009), S. 548; http://www.roland.com/products/en/exp/VariPhrase.html (10.11.2009)

[190] Taylor, Damian (unter anderem Produzent der Sängerin Björk): „Anstatt Audiomaterial als Plastik oder Holz anzusehen, ist es mit Melodyne eher Knetgummi oder Teig.“ Zitiert nach http://www.celemony.com/cms/index.php?id=422&L=1 (10.11.2009); bei diesem und den weiteren von Hersteller-Websites stammenden Zitaten ist zu berücksichtigen, dass sie dort zu Werbezwecken veröffentlicht wurden und dementsprechend kritisch zu betrachten sind. Dennoch enthalten sie für den wissenschaftlichen Zweck dieser Arbeit nützliche Aussagen.

Die Basis für derart flexible Manipulationen von Audiomaterial bilden variable Kombinationen verschiedener Time Stretching- und Pitch Shifting-Algorithmen (vgl. Kapitel 3.1). Die Elastizität der Bearbeitung wird dadurch möglich, dass die Anwendungen nicht das gesamte Material einheitlichen Operationen unterziehen, sondern die einzelnen Bereiche im zeitlichen Ablauf des Klanges separat untersuchen und je nach ihrer klanglichen Beschaffenheit unterschiedlich bearbeiten. Für die Verarbeitung eines Konsonanten ist beim Pitch Shifting beispielsweise eine andere Vorgehensweise angemessen als für einen Vokal (vgl. Kapitel 3.1.2.2). Bei der Manipulation greifen Elastic Audio-Verfahren auf die in der Analyse gewonnenen Informationen zurück und passen die Bearbeitungsprozesse an die jeweilige Beschaffenheit des Materials an. Sie berücksichtigen also die Veränderlichkeit des Klanges über die Zeit. Dadurch sind intensive Eingriffe in seine Struktur möglich, ohne dass ungewollte Nebeneffekte auftreten. Die beschriebenen Verfahren simulieren gewissermaßen ein der menschlichen Hörwahrnehmung entsprechendes „Verständnis“ des Klanges.

Auf der Benutzerseite bieten viele Elastic Audio-Anwendungen komfortable Möglichkeiten der (Echtzeit-)Bearbeitung durch eine differenzierte und intuitiv verständliche grafische Schnittstelle sowie die automatisierte Ausführung der komplexen Operationen, die für die Umsetzung der Eingaben notwendig sind. Sie zeichnen sich also dadurch aus, dass sie den Benutzer von der Auseinandersetzung mit den technischen Vorgängen der Klangmanipulation befreien, während sie ihm gleichzeitig nie dagewesene Möglichkeiten des Eingriffs in die Mikrostruktur des Klanges an die Hand geben. Die zunehmende Komplexität der Operationen, die mit digitalen Anwendungen vollzogen werden können, verlangt nach immer stärker simplifizierenden grafischen Schnittstellen.

Aktuell steht eine große Zahl verschiedener Elastic Audio-Anwendungen zur Auswahl, wobei sich der Funktionsumfang der unterschiedlichen Produkte häufig überschneidet. Grob lassen sich die Verfahren in drei Kategorien einteilen.

Die Anwendungen der ersten Kategorie erlauben eine nahezu latenzfreie Echtzeit-Klangmanipulation und sind somit neben der Bearbeitung von aufgezeichnetem Ma-

terial auch für den Live-Einsatz geeignet. Hier ist besonders die Anwendung Auto-Tune des Herstellers Antares zu nennen (vgl. Kapitel 4.1).[191]

Die zweite Kategorie bilden Anwendungen, bei denen das Audiomaterial vor der Bearbeitung einer Analyse unterzogen wird und im Anschluss in Echtzeit manipulierbar ist. Diese Anwendungen können zwar ausschließlich zuvor aufgezeichnetes Material verarbeiten, erlauben aber flexiblere Eingriffe – zum einen, weil nicht nur die Tonhöhe, sondern auch die Länge des Klanges verändert werden kann, zum anderen, weil die rechenaufwändige Analyse vorgezogen wird und somit im Augenblick der Bearbeitung weniger Prozesse durchgeführt werden müssen. Es können also Eingriffe vorgenommen werden, die bei einer „echten" Echtzeitbearbeitung starke Latenzen bewirken würden. Zu dieser Kategorie gehören unter anderem die automatische Tempoanpassung des Sequenzers Ableton *Live* und die Software Melodyne des Herstellers Celemony (vgl. Kapitel 4.2).[192]

Während die Verfahren der beiden bisher dargestellten Kategorien Audioaufzeichnungen non-destruktiv bearbeiten, wodurch jederzeit eine Rückkehr zum Originalmaterial möglich ist, werden bei den Verfahren der dritten Kategorie zunächst durch den Benutzer die Einstellungen für die Bearbeitung vorgenommen, anschließend wird das Material analysiert und die Manipulation wird in die Audiodatei hineingerechnet. Beispiele für diese Anwendungskategorie sind die *Time Factory* des Herstellers Prosoniq sowie die Zeit- und Tonhöhenkorrektur der Audio-Editing-Software Steinberg *WaveLab*.[193]

Im Folgenden werden zwei der am weitesten verbreiteten Elastic Audio-Anwendungen, Auto-Tune und Melodyne, mit ihren wichtigsten Funktionen dargestellt.[194]

---

[191] So hat beispielsweise das Hardwaregerät *ATR-1* des Herstellers Antares eine Latenz von 1-5 ms (Vgl. Shrock (1999)), was in der Live-Anwendung normalerweise kein Problem darstellt. Bei Software-Anwendungen ist die Verzögerung abhängig von der Leistung des verwendeten Computers. Zu Auto-Tune: Vgl. http://www.antarestech.com (10.11.2009)

[192] Vgl. http://www.ableton.com/live; http://www.celemony.com (beide 10.11.2009)

[193] Vgl. http://www.prosoniq.com/editing-products/timefactory-2; http://www.steinberg.net (beide 10.11.2009)

[194] Praktische Anwendungsbeispiele befinden sich auf der beiliegenden Audio-CD. Die einzelnen Bearbeitungen werden im Inhaltsverzeichnis der CD erläutert (s. Anhang).

4.1 Antares Auto-Tune

4.1.1 Hintergrund und Entwicklungsgeschichte

Die Software Auto-Tune wurde im Jahr 1996 von der Firma Antares Audio Technologies auf den Markt gebracht und war die erste kommerzielle Anwendung, die eine automatische Echtzeit-Intonationskorrektur ermöglichte.[195] Die Software wurde rasch zu einer Standardanwendung in der Musikproduktion und die Bezeichnung „Auto-Tune“ wird heute häufig als Oberbegriff für sämtliche Intonationskorrektur-Anwendungen verwendet.[196]

Zunächst als Plugin für die Studioplattform *ProTools* der Firma Digidesign eingeführt, kam Auto-Tune im Jahr 1997 unter dem Namen *ATR-1* auch als Hardware-Gerät auf den Markt.[197] Aktuell ist Auto-Tune in der Einsteigervariante *EFX* und der Vollversion *Evo* für alle gängigen Plugin-Schnittstellen erhältlich. Unter dem Titel *I am T-Pain*[198] wird außerdem eine Anwendung für das Mobiltelefon *iPhone* vermarktet. Sie beinhaltet neben einer festen Voreinstellung zur Auto-Tune-typischen Verfremdung der Stimme (vgl. Kapitel 5.1.2) einige Beats und Texte des Rappers T-Pain und ermöglicht es, eigene Stimm-Manipulationen aufzuzeichnen und auf die Online-Portale *Facebook* und *MySpace* hochzuladen.[199]

Die Ausrichtung von Auto-Tune hat sich seit seiner Markteinführung deutlich verändert. Frühe Versionen von Auto-Tune wurden schlicht als ein Mittel zur Bearbeitung von Intonationsfehlern beschrieben:

---

[195] Antares-Gründer Harold Hildebrand war vor seinem Einstieg in die Entwicklung von Audioanwendungen unter anderem als Geophysik-Wissenschaftler für den Erdölkonzern Exxon tätig und ließ Erkenntnisse aus dieser Arbeit in die Programmierung von Auto-Tune einfließen. Laut New York Times Online wurde die der Anwendung zugrundeliegende Technik ursprünglich entwickelt, um unterirdische Erdölvorkommen zu suchen: „Using a mathematical formula called autocorrelation, Hildebrand would send sound waves into the ground and record their reflections, providing an accurate map of potential drill sites.” Tyrangiel (2009), S. 1; vgl. auch Antares (2008), S. 9; http://www.antarestech.com/about/history.shtml (10.11.2009)

[196] Vgl. Adam (2006), S. 9

[197] Vgl. Verna (2000), S. 78

[198] T-Pain gilt als der erste Hip-Hop-Musiker, der Auto-Tune zur Effekt-Bearbeitung seiner Stimme verwendete (vgl. Kapitel 5.1.2).

[199] Vgl. http://www.antarestech.com/products/I-am-t-pain.shtml (10.11.2009)

> „It puts you in control of pitch. Moreover, Auto-Tune is a precision instrument for controlling pitch, allowing you to apply nuances of intonation to any performance.“[200]

Das Handbuch zur aktuellen Version hingegen weist auch auf über reine Korrekturarbeiten hinausgehende Einsatzmöglichkeiten hin:

> „Auto-Tune Evo is a precision tool for correcting intonation errors or creatively modifying the intonation of a performance.“[201]

Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass die Software häufig statt zur reinen Korrektur zur Verfremdung von Stimmen verwendet wird. Mit der Beschreibung des „infamous ‚Cher-Effect'“[202] **[♪15]** (vgl. Kapitel 5.1.2) geht die Anleitung sogar konkret auf den ersten bekannten Einsatz von Auto-Tune als Effekt ein.[203] Die Definition der Anwendung wird also der vom ursprünglichen Einsatzzweck abweichenden Verwendung angepasst. Auch der Zugriff auf die Programmparameter, der anfänglich auf wenige Anpassungsmöglichkeiten beschränkt war, wurde in neueren Versionen erheblich erweitert.

4.1.2 Auto-Tune Evo

Die Evo-Version verfügt über zwei verschiedene Operationsmodi, zwischen denen im Hauptfenster der Anwendung umgeschaltet werden kann: den *Automatic Mode* und den *Graphical Mode*. Zwischen den Arbeitsweisen der beiden Modi bestehen deutliche Unterschiede, daher wird im Folgenden einzeln auf sie eingegangen.

4.1.2.1 Automatic Mode

Entwickelt wurde Auto-Tune zur Intonationskorrektur in Echtzeit, welche es ermöglicht, die Anwendung im Rahmen von Studiosessions oder Liveauftritten einzusetzen, ohne dass das zu bearbeitende Material als Aufzeichnung vorliegen muss. Diese Echtzeit-Bearbeitung erfolgt im Automatic Mode.

---

[200] Antares (2000), S. 11
[201] Antares (2008), S. 9
[202] Ebd., S. 13
[203] Anfangs war Hildebrand offenbar selber nicht auf eine derartige Verwendung von Auto-Tune vorbereitet: „I never figured anyone in their right mind would want to do that.“ Hildebrand, Harold, zitiert nach Tyrangiel (2009), S. 1



Abb. 14: Auto-Tune Evo - Automatic Mode

Damit die Tonhöhe eines Audiosignals korrekt angepasst werden kann, muss Auto-Tune zunächst dessen Grundfrequenz ermitteln. Voraussetzung für eine funktionierende Analyse ist ein über mehrere Schwingungen periodisch verlaufendes Signal.[204] Bei Solo-Aufnahmen, die viele nicht-periodische Klanganteile aufweisen, kann es zu Problemen bei der Erkennung kommen – darunter fallen beispielsweise Streichinstrumente oder Aufnahmen mit hohem Rauschanteil. Vor dem Beginn der Verarbeitung des Audiomaterials stellt der Benutzer ein, welcher Art das zu verarbeitende Eingangssignal ist.[205] Das Programm wählt einen daran angepassten Analyse-Algorithmus aus, wodurch eine hohe Geschwindigkeit und Präzision bei der Erkennung der Tonhöhe gewährleistet werden soll.

Auto-Tune analysiert die Grundfrequenz des Eingangssignals und vergleicht diese mit einer vorgegebenen Skala.[206] Wenn die Tonhöhe mit der ihr nächstgelegenen Stufe der Skala übereinstimmt, wird sie nicht modifiziert. Wenn sie davon abweicht,

[204] Vgl. Antares (2008), S. 10; sofern nicht anders anders gekennzeichnet, beziehen sich die nachfolgenden Darstellungen bis einschließlich Punkt 4.1.2.2 auf diese Quelle.
[205] Zur Auswahl stehen folgende Klangkategorien: *Soprano Voice*, *Alto/Tenor Voice*, *Low Male Voice*, *Instrument*, *Bass Instrument*.
[206] Zur Anpassung der Tonhöhen stehen 29 verschiedene Tonleitern zur Verfügung. Innerhalb der Skalen lassen sich einzelne Noten deaktivieren, so dass Töne in der Nähe dieser Noten nicht korrigiert werden. Auch eine Verstimmung einzelner Noten oder gesamter Skalen ist möglich. Des Weiteren kann der jeweilige Zielton in Echtzeit über eine MIDI-Tastatur oder zuvor aufgezeichnete MIDI-Steuerdaten bestimmt werden.

wird ein Ausgangston erzeugt, der näher an der entsprechenden Skalenstufe liegt als der Eingangston – dabei wird das Ausmaß der Korrektur bestimmt durch die *Retune Speed*- und die *Humanize*- Einstellungen (siehe unten). Wie stark die Tonhöhe des Eingangssignals jeweils verändert wird, lässt sich an einem horizontalen Balken in der oberen Mitte des Programmfensters ablesen **[♪23]**.

Mit dem Retune Speed-Regler lässt sich bestimmen, wie schnell der Eingangston korrigiert wird, wenn er vom nächsten Skalenton abweicht. Eine sehr schnelle Korrektur entfernt das natürliche Vibrato und führt außerdem bei Aufnahmen der menschlichen Stimme zu einem roboterartigen Klangcharakter, dem besagten „Cher-Effekt“. Die Ursache für diesen Effekt liegt darin, dass der Wechsel der menschlichen Stimme auf eine andere Tonhöhe normalerweise nicht in Stufen, sondern fließend erfolgt – alle dazwischen liegenden Tonhöhen werden durchquert. Durch eine hohe Geschwindigkeitseinstellung wird dieser Übergang so stark verkürzt, dass er als Stufe und somit als unnatürlich wahrgenommen wird **[♪15, 16, 24]**.

Die Humanize-Funktion soll für einen natürlicheren Klangeindruck des bearbeiteten Materials sorgen. Wenn eine Gesangsspur kurze und lange Töne enthält, kann es problematisch sein, eine Retune Speed-Einstellung zu finden, die zum einen eine ausreichend schnelle Korrektur bei kurzen Tönen anwendet und zum anderen Variationen innerhalb längerer Töne bestehen lässt, die sich sonst leicht künstlich anhören. Dieser Problematik trägt die Humanize-Funktion Rechnung, indem sie einen Unterschied zwischen kurzen und langen Tönen macht: Kürzere Töne werden schnell korrigiert, Variationen innerhalb längerer Töne bleiben bestehen.

Mit der *Vibrato*-Einstellung wird festgelegt, wie stark Auto-Tune in ein auf dem Eingangssignal vorhandenes Vibrato eingreift. Steht der Regler auf Null, wird das Vibrato nicht bearbeitet. Bei Einstellungen unter Null wird das natürliche Vibrato abgesenkt, darüber wird es verstärkt beziehungsweise überhaupt erst hinzugefügt, wenn im Eingangssignal keines vorhanden ist. Die Eigenschaften des künstlichen Vibratos lassen sich detailliert einstellen: Es stehen Regler für die Tonhöhenveränderung, die Geschwindigkeit, die Amplitudenveränderung, den Formantenanteil sowie eine eventuelle Verzögerung des Vibratos zur Verfügung. Über die Kombination einer hohen Korrekturgeschwindigkeit (Retune Speed) und der entsprechenden

Vibrato-Einstellungen lässt sich das natürliche Vibrato des Eingangssignals durch ein künstliches ersetzen.

Durch die Aktivierung der Funktion *Targeting Ignores Vibrato* wird bewirkt, dass ein eventuelles Vibrato auf dem Eingangston nicht in die Berechnung der Grundfrequenz einfließt – bei Vibratos, die so stark sind, dass sie aus dem Bereich des eigentlichen Zieltons hinaus in den Bereich einer anderen Stufe der Skala kommen, kann es ansonsten zu einem ungewollten „Trillereffekt“ kommen. Ist die Funktion aktiv, versucht Auto-Tune, zwischen beabsichtigten Tonwechseln und Vibratos zu unterscheiden.

Neben der Tonhöhen-Korrektur ist es mit Auto-Tune auch möglich, eine ganze Aufzeichnung in Echtzeit bis zu einer Oktave nach oben oder nach unten zu transponieren. Wenn die *Formant Correction* eingeschaltet ist, sorgt das Programm dafür, dass die Formanten bei Transpositionen des Audiomaterials nicht mit verschoben werden. Diese Funktion wurde erst zusammen mit der Transpositions-Funktion in Auto-Tune Evo eingeführt – bei den kleinen Tonhöhenveränderungen, die mit den bisherigen Auto-Tune-Versionen üblicherweise durchgeführt wurden, sind die Formantenverschiebungen normalerweise nicht hörbar.

Mit der *Throat Length*-Einstellung lässt sich der Klangcharakter von Aufzeichnungen der menschlichen Stimme modifizieren. Das Programm erstellt hierfür ein physikalisches Modell eines in der Länge veränderbaren menschlichen Halses **[♪25]**. Die Throat Length-Funktion ist nur verfügbar, wenn die Formant Correction aktiviert ist.

Da bei der Live-Intonationskorrektur nicht manuell auf einzelne Passagen im Klangmaterial zugegriffen werden kann, muss bei der Konfiguration der Anwendung berücksichtigt werden, dass die vorgenommenen Einstellungen über den gesamten Verlauf des Stücks zum Tragen kommen. Dies bedeutet, dass gegebenenfalls Kompromisse zwischen der Perfektionierung der Intonation und der Erhaltung eines möglichst natürlichen Klangcharakters gefunden werden müssen.[207] Das größte Prob-

[207] Dies gilt nicht für die Nachbearbeitung von Audioaufzeichnungen: Hier kann die Korrektur durch eine Automatisierung der Einstellungen oder die Verwendung des Graphical Mode differenziert auf die jeweilige Beschaffenheit des Klangmaterials abgestimmt werden.

lem besteht dabei in der Wahl der richtigen Retune Speed: Ist die Geschwindigkeit der Korrektur zu hoch, kommt es zu Klangverfälschungen, ist sie zu niedrig, werden kurze Intonationsschwankungen eventuell nicht korrigiert.

4.1.2.2 Graphical Mode

Wie der Automatic Mode dient auch der Graphical Mode zur Anpassung der Tonhöhe eines Eingangssignals an eine vorgegebene Tonhöhe. Darüber hinaus können im Graphical Mode jedoch auch die Dauer und die Abfolge des Materials verändert werden. Daraus ergibt sich, dass die Bearbeitung nicht in Echtzeit erfolgen kann. Nachdem das zu bearbeitende Material mit dem *Host-Sequenzer* aufgezeichnet oder geladen wurde, muss es zunächst eine Analyse durchlaufen, bevor es zur Bearbeitung zur Verfügung steht.

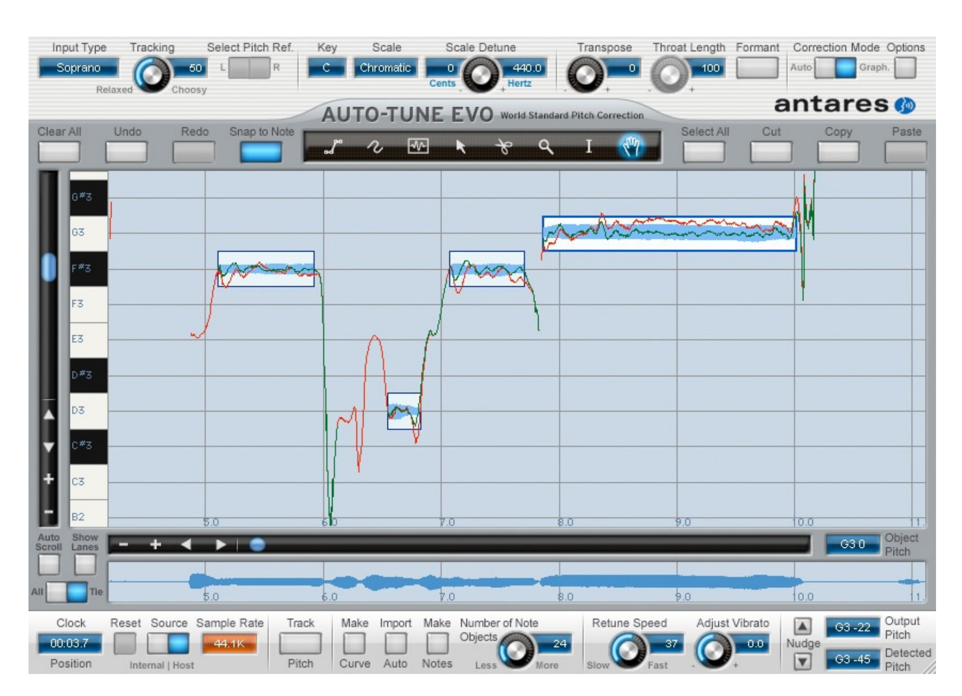


Abb. 15: Auto-Tune Evo - Graphical Mode

Die optische Darstellung des Graphical Mode erinnert an das Arrangierfenster eines grafischen Sequenzers, nur dass die vertikale Achse nicht Einzelspuren, sondern Tonhöhen repräsentiert – an der linken Seite des Darstellungsfensters befindet sich eine Skalendarstellung in Halbtonschritten. Das Audiomaterial wird in dieser Matrix als grafische Repräsentation seines zeitlichen Ablaufs und seiner Zieltonhöhe dargestellt. An einer roten Linie lässt sich der tonale Verlauf des Eingangssignals ablesen, eine blaue Linie stellt die Zieltonhöhe in Abhängigkeit von den Parametereinstellungen

dar. Die einzelnen erkannten Noten innerhalb der Aufzeichnung werden als rechteckige Kästchen, sogenannte *Note Objects*, abgebildet.

Zur Bearbeitung stehen die bereits beschriebenen Werkzeuge zur Verfügung. Im Unterschied zum Automatic Mode können Einstellungen im Graphical Mode manuell für jede Note einzeln definiert werden. Der gewünschte Tonhöhenverlauf lässt sich als Linie einzeichnen. Durch Schneiden, Kopieren und Einfügen lassen sich Länge und Position einzelner Noten verändern.

4.2 Melodyne

4.2.1 Hintergrund und Entwicklungsgeschichte

Bei ihrer Markteinführung im Jahr 2001 war Melodyne die erste Software-Anwendung, die – nach einer Analyse des Materials – eine voneinander unabhängige Echtzeit-Bearbeitung verschiedener Klangparameter wie Geschwindigkeit, Tonhöhe und Klangcharakter bei Audioaufzeichnungen erlaubte. Der Name Melodyne setzt sich zusammen aus den Worten „Melodic“ und „Dynamic“ und soll zum Ausdruck bringen, dass die Anwendung zuvor „starres“ Audiomaterial in etwas Plastisches, Modellierbares verwandelt, das dynamisch verändert werden kann. Der Hersteller hat den Anspruch, mit der Software eine intuitivere und musikalischere Verarbeitung von Audiomaterial zu ermöglichen als herkömmliche Sequenzer. Dies verdeutlicht ein Zitat aus dem Handbuch zur aktuellen Version:

> „Vor Melodyne waren Aufnahmeprogramme letztlich eine Verlagerung der klassischen Tonbandmaschine in den Computer – mit einigen Erweiterungen. Eine Tonbandaufnahme oder die bisherige digitale Aufnahme im Computer hat die Eigenschaft, daß sie das aufgenommene Material nicht ‚kennt'. Deshalb muß der Bearbeiter die Orte im aufgenommenen Material suchen, die er verändern will, und kann dann schneiden oder mit neueren Verfahren auch die Tonhöhe oder die Zeit von Ausschnitten der Aufnahme verändern. Melodyne analysiert die aufgenommene Musik und kennt dann ihren Inhalt im musikalischen Sinn. Begriffe wie Schneiden, Pitch shifting oder Time stretching kommen bei Melodyne nicht vor, auch wenn dies […] im Hintergrund geschieht, weil das in Melodyne ver-

> wendete Klangerzeugungsverfahren all dies von selbst ausführt. Sie als Benutzer arbeiten nur mit dem musikalischen Material".[208]

Ursprünglich war die Software laut Peter Neubäcker, dem Gründer der Firma Celemony, nicht als musikalische Applikation angedacht. Das Konzept der Anwendung Melodyne entstand vielmehr aus der philosophischen Vision, Klang müsse unabhängig von Tonhöhe und Zeit existieren können.[209] Basierend auf dieser Idee entwickelte Neubäcker die Technik der *Local Sound Synthesis*, die dem Programm zugrunde liegt:

> „The usual approach of time stretching is that you have an original sound that you manipulate in some way to make it longer or shorter. From the view of Local Sound Synthesis, an original sound is a kind of landscape where you can find different sounds at different 'time places', and you can move through it back and forth at an arbitrary speed. Equally, the pitch of the sound at any location is arbitrary. Thus pitch, time and timbre become independent parameters, and an original recorded sound can be considered as a consistent sequence of sound shapes that can be used freely."[210]

Die ersten Versionen von Melodyne waren auf die Bearbeitung von monophonem und perkussivem Klangmaterial ausgelegt. Die größte aktuelle Version, *Melodyne Studio*, erlaubt auch Time Stretching und Pitch Shifting von polyphonem Material, allerdings ohne Zugriff auf einzelnen Töne der Aufnahme. Die Analyse und Bearbeitung einzelner Töne innerhalb von polyphonem Klangmaterial ermöglicht die Technologie *Direct Note Access* (DNA), die Bestandteil der Software *Melodyne Editor* ist (vgl. Kapitel 4.2.3).[211] Des Weiteren ist Melodyne auch als Plugin erhältlich, mit dem Audiospuren direkt in einem Host-Sequenzer bearbeitet werden können.[212] Auch die *Liquid Audio*-Serie des Herstellers Ueberschall basiert auf der

[208] Celemony (2002), S. 5
[209] Vgl. Resolution Magazine (2004), S. 59
[210] Neubäcker, Peter, zitiert nach Resolution Magazine (2004), S. 59; über die genaue Funktionsweise der Local Sound Synthesis gibt der Hersteller keine Auskunft.
[211] Melodyne Editor befindet sich während der Entstehung dieser Arbeit noch in der Entwicklung, ist aber bereits als Beta-Testversion erhältlich. Vgl. http://www.celemony.com/cms/index.php?id=products_editor (10.11.2009)
[212] Vgl. http://www.celemony.com/cms/index.php?id=products_plugin (10.11.2009)

Melodyne-Technologie. Der *Liquid Audio-Player* ist ein *VST-Instrument*[213], das auf vorgefertigte Sample-Loops zugreift und es ermöglicht, verschiedene Parameter dieses Klangmaterials wie Tonart, Rhythmik und Melodieverlauf umfassend zu editieren.[214]

4.2.2 Melodyne Studio

In diesem Abschnitt werden die wichtigsten Funktionen von Melodyne Studio erläutert. Die Software ist optisch ähnlich aufgebaut wie ein herkömmlicher grafischer Sequenzer. Neben einem Arrangierfenster, in dem verschiedene Audiodateien auf beliebig vielen Spuren organisiert werden können, gibt es ein Editor-Fenster, in dem die Bearbeitungen der einzelnen Aufzeichnungen stattfinden. Der Funktionsumfang von Melodyne ist jedoch deutlich auf die Manipulation von Audiomaterial ausgerichtet – im Rahmen einer Mehrspur-Produktion empfielt sich daher die Verwendung in Kombination mit einer spezialisierten Sequenzer-Software. Über eine Schnittstelle namens *Bridge* ist die Synchronisation mit einem Host-Sequenzer möglich.

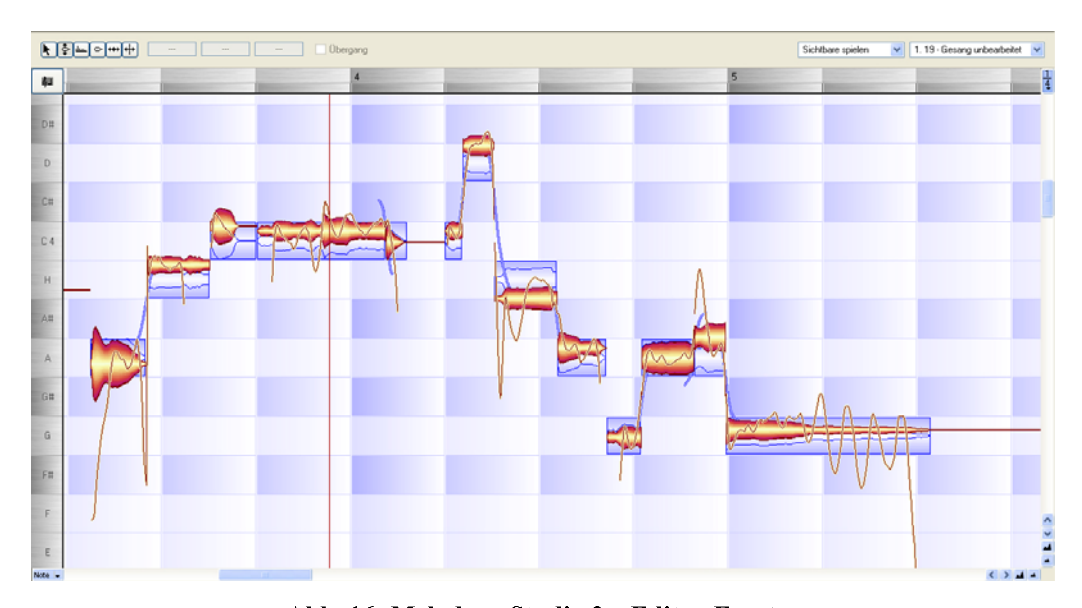


Abb. 16: Melodyne Studio 3 – Editor-Fenster

---

[213] Schnittstellen wie die von Steinberg entwickelte VST (Virtual Studio Technology) ermöglichen unter anderem die Kommunikation zwischen Software-Sequenzern und verschiedensten Plugins zur Signalerzeugung- und Bearbeitung.

[214] Vgl. http://www.ueberschall.com/de/liquid-player/description.html (10.11.2009)

4.2.2.1 Audio-Analyse

Während des Ladens beziehungsweise nach der Aufzeichnung von Audiomaterial in Melodyne wird dieses zunächst einer Analyse[215] unterzogen und kann anschließend in Echtzeit bearbeitet werden.

> „Die Erkennung ist ein komplexer Vorgang, bei dem Melodyne allerlei Informationen über eine Audiodatei gewinnt. So werden unter anderem das Tempo und die enthaltenen Noten und/oder Schläge ermittelt, außerdem ihr rhythmischer Zusammenhang; bei einstimmigem Material wird die Tonhöhe der gespielten Noten verfolgt und die vorliegende Tonart ermittelt.“[216]

Je nach seiner klanglichen Beschaffenheit wird das Material von Melodyne als melodisch, mehrstimmig oder perkussiv eingestuft. Die Analyse erfolgt automatisch, der Benutzer kann die Voreinstellungen aber in vielerlei Hinsicht modifizieren. So kann die Anwendung beispielsweise angewiesen werden, eine Aufnahme als perkussiv, rhythmisch oder melodisch einzuordnen.

Mitunter kommt es bei der Analyse zu Fehlern, beispielsweise bei der Bestimmung der Tonhöhe oder der Notentrennung. Für diese Fälle verfügt Melodyne über einen Korrektur-Modus, den sogenannten *MDD-Editor*, in dem unter anderem fehlerhaft erkannte Passagen des Klangmaterials manuell berichtigt werden können. Im MDD-Editor werden keine Klangbearbeitungen vorgenommen, sondern nur Veränderungen in der Zuordnung des Audio-Materials zu musikalischen Parametern.

Eine Stärke von Melodyne gegenüber anderen Manipulationsanwendungen besteht darin, dass die Entwickler des Programms sich offenbar intensiv damit beschäftigt haben, wie die Intonation einer Gesangsstimme oder auch eines intonierenden Instruments vonstatten geht, und dass ihre Erkenntnisse in die Programmierung der Anwendung eingeflossen sind. Der Musiker versucht beim Intonieren eine bestimmte Tonhöhe zu treffen und gleitet mehr oder weniger schnell in diesen Ton hinein und verbindet dieses eventuell mit mehr oder weniger beabsichtigten Phrasierungen (Glissandi, Bendings usw.). Auf dem Zielton angekommen, bemüht er sich, diesen Ton

---

[215] Die Phase der Analyse und Interpretation von Audiomaterial wird im Melodyne-Handbuch als „Erkennung“ bezeichnet. Vgl. Celemony (2007), S. 83-84; sofern nicht anders gekennzeichnet, beziehen sich die nachfolgenden Darstellungen bis einschließlich Punkt 4.2.2.5 auf diese Quelle.

[216] Celemony (2007), S. 84

über die gewünschte Tonlänge auf der beabsichtigten Tonhöhe und Lautstärke zu halten und mit weiteren Phrasierungen und Klangfarben zu gestalten, um dann in den nächsten Ton überzugehen. Versierte Musiker weisen dabei ein sehr schnelles Ansteuern der Tonhöhe, eine kontrollierte Modulation und geringe unbeabsichtigte Tonhöhenschwankungen auf. Trotzdem zeichnet sich eine menschliche Intonation durch solche Ungenauigkeiten aus. All diese Parameter werden nach der Analyse in Melodyne in sogenannten *Blobs* (Kleckse, Tropfen) grafisch dargestellt und der Bearbeitung zugänglich gemacht.

Melodisches Material wird nach Tonhöhen angeordnet, während alle als perkussiv oder polyphon erkannten Klangereignisse auf der gleichen Tonhöhenachse dargestellt werden. Jeder Blob symbolisiert eine Einzelnote mit ihrem Amplitudenverlauf und (bei melodischem Material) ihrer durchschnittlichen Tonhöhe. Außerdem werden Modulationen (schnelle, meist beabsichtigte Tonhöhenänderungen innerhalb des gehaltenen Tones) und *Tonhöhendrifts* (meist unbeabsichtigte Tonhöhenänderungen innerhalb des gehaltenen Tones) voneinander unterschieden. Auch die Übergänge zu den folgenden Tönen werden grafisch dargestellt – Melodyne betrachtet die einzelnen Noten nicht als völlig unabhängig voneinander, sondern wahrt einen Zusammenhang. Bei Bedarf kann die Verbindung aufgehoben werden, um einzelne Noten aus dem Melodieverlauf herauslösen und flexibel bearbeiten zu können.

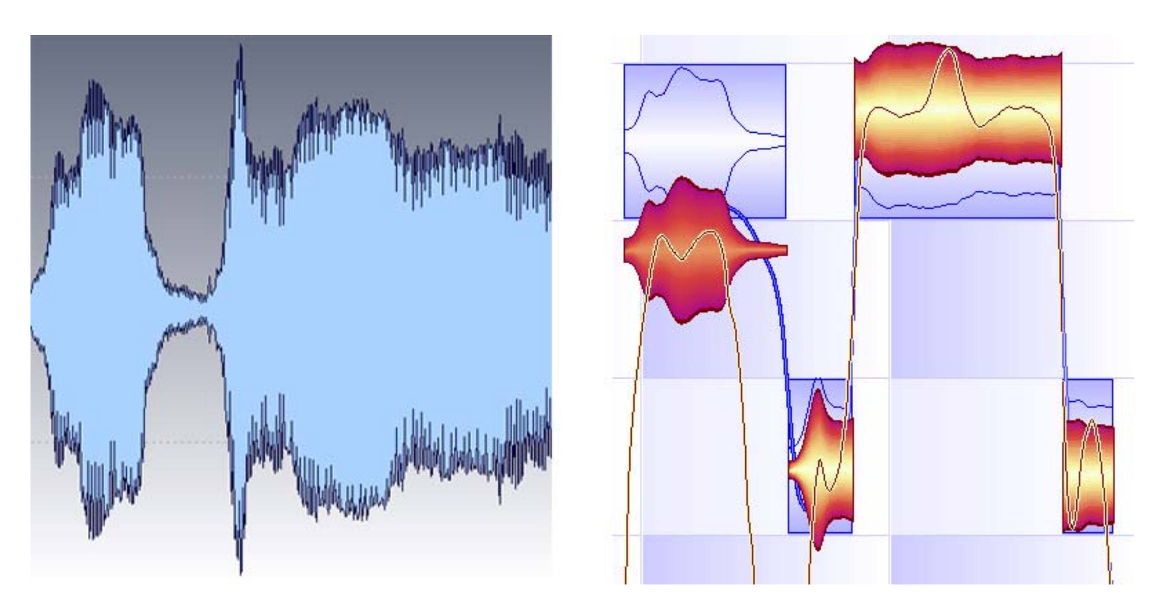


Abb. 17: Herkömmliche Wellenformdarstellung und Blobs in Melodyne Studio

4.2.2.2 Bearbeitung von Tonhöhenstrukturen

Einzelne Blobs oder Gruppen von Blobs lassen sich durch *Drag & Drop* in ihrer Tonhöhe verschieben wie MIDI-Noten in einem Sequenzer. Dabei wird die Formantenstruktur in der Standardeinstellung automatisch ausgeglichen, das heißt die Formanten werden im Originalzustand belassen, um den Klangcharakter zu erhalten.[217] Die Verschiebung kann stufenlos sowie in Halbtonschritten oder Skalenstufen erfolgen. Wenn ein Noten- oder Skalenraster ausgewählt ist, springen die ausgewählten Blobs beim Verschieben auf die jeweils nächste verfügbare Stufe. So lässt sich beispielsweise eine ganze Melodie in eine neue Tonart transponieren.

Neben der manuellen Tonhöhenveränderung lässt sich die Intonation von Aufzeichnungen auch automatisch korrigieren. Dabei lässt sich die Korrektur zum einen für den Tonhöhenschwerpunkt und zum anderen für eventuelle Schwankungen der Tonhöhe innerhalb der einzelnen Noten (Tonhöhendrifts) einstellen. Die Intensität des jeweiligen Eingriffs wird mit einem Schieberegler bestimmt – steht der Regler auf 100 %, wird jeder Ton exakt auf die nächstgelegene Note der gewählten Skala gezogen, bei 0 % erfolgt keine Korrektur. Die Korrektur von Tonhöhenschwankungen bezieht sich nicht auf Vibratos oder Triller – diese bleiben auch bei einer hohen Korrektureinstellung erhalten, was deutlich macht, wie differenziert die Analyse von Klangmaterial in Melodyne arbeitet.

Zusätzlich zu den Grundfunktionen der Tonhöhenbearbeitung stellt Melodyne spezielle Werkzeuge für differenziertere Eingriffe in die einzelnen Parameter der tonhöhenbezogenen Bearbeitung zur Verfügung. Ist das *Tonhöhen-Werkzeug* aktiv, wird unter jedem Blob ein blauer Rahmen eingeblendet, der die „korrekte" Position der Note auf dem jeweils eingestellten Raster anzeigt und damit die Abweichung der Note grafisch verdeutlicht. Mit einem Doppelklick lässt sich eine einzelne Note oder eine Gruppe von Noten automatisch auf die korrekte Rasterposition verschieben. Das Tonhöhen-Werkzeug bietet außerdem eine einfache Möglichkeit, Harmoniestimmen zu erzeugen: Kopiert der Benutzer eine Gruppe von Noten auf eine andere Tonhöhe, werden diese in ihrer zeitlichen Position leicht variiert – dies dient der Vermeidung von Kammfiltereffekten und soll den Eindruck einer echten Mehrstimmigkeit erzeu-

---

[217] Anwendungsbeispiele für die Intonationskorrektur mit Melodyne: **[♪26-27]**.

gen **[♪28]**. Mit dem *Tonhöhenmodulations-Werkzeug* lässt sich das natürliche Vibrato einer Note, das nach Auswahl des Werkzeugs als wellenförmige Linie auf dem jeweiligen Blob angezeigt wird, verstärken, vermindern oder in der Phase umkehren. Das *Tonhöhendrift-Werkzeug* dient zur Umkehrung, Verringerung oder Verstärkung von Schwankungen der Tonhöhe innerhalb einer Note. Außerdem ermöglicht es die gezielte Steuerung des Tonhöhenverlaufs.

Auch die Formantenstruktur kann bearbeitet werden: Nach Auswahl des *Formantenwerkzeugs* werden die Formanten über den Blobs als horizontale Balken angezeigt, die sich nach oben und unten verschieben lassen, wobei der Grundton der jeweiligen Note bestehen bleibt. Auch die Übergänge der Formanten zwischen zwei Tönen lassen sich mit dem Werkzeug verändern.

Die Bearbeitungen in der hier beschriebenen Form beziehen sich auf als melodisch erkanntes Material. Polyphones und perkussives Material kann ebenfalls in seiner Tonhöhe verändert werden, doch Funktionen wie die automatische Tonhöhenkorrektur oder das Formantenwerkzeug stehen hier nicht zur Verfügung.

4.2.2.3 Bearbeitung von Zeitstrukturen

Bei der Analyse einer Audiodatei ermittelt Melodyne auch deren Tempo und zeigt es im Transportfenster an. Ist der unter der Tempoanzeige befindliche *Autostretch*-Schalter aktiviert, passt sich bei Veränderungen des Projekttempos die Wiedergabegeschwindigkeit des Audiomaterials in Echtzeit daran an, ohne dass sich seine Tonhöhe verändert.

Neben der globalen Tempoveränderung lassen sich auch einzelne Noten in ihrer Position und Länge bearbeiten, indem ganze Blobs oder nur ihre Anfänge und Enden mit der Maus verschoben werden. Die Länge von angrenzenden Blobs wird dabei automatisch angepasst – wird beispielsweise eine Note nach vorne verlängert, dann wird die direkt vor ihr liegende Note entsprechend gestaucht, um den kontinuierlichen Verlauf des Stücks aufrecht zu erhalten. Mit dieser Funktion lässt sich das *Timing* einer Audioaufnahme korrigieren. Auch ermöglicht sie eine kreative Bearbeitung von Rhythmen – beispielsweise kann eine Note gelöscht und die davor liegende entsprechend verlängert werden. Veränderungen von Notenlängen können entweder an

einem einstellbaren Quantisierungsraster ausgerichtet oder stufenlos vollzogen werden. Neben der Längenveränderung von Noten ist es auch möglich, von Melodyne erkannte Noten zu zerteilen. Anschließend lassen sich beide Teile der Note unabhängig voneinander bearbeiten.[218]

Wie die Tonhöhenkorrektur kann auch die Zeitkorrektur automatisiert ausgeführt werden. Dabei werden die Startpunkte der Einzelnoten in Richtung eines einstellbaren Zeitrasters verschoben. Die Notenlängen werden automatisch angepasst, um den Fluss der Melodie zu erhalten. Auch hier lässt sich die Intensität des Eingriffs mit einem Schieberegler bestimmen. Durch die Anpassung an ein Quantisierungsraster oder die Veränderung der Taktart kann die ursprüngliche Rhythmusstruktur einer Aufnahme grundlegend verändert werden **[♪30]**.

Auch für die Zeitbearbeitung stehen Werkzeuge zur Verfügung, die eine differenziertere Bearbeitung spezieller Parameter ermöglichen. Nach der Auswahl des *Positions/Längen-Werkzeugs* erscheint wie beim Tonhöhenwerkzeug ein blauer Rahmen um jeden Blob, der in diesem Fall die Abweichung des Blobs vom eingestellten Zeitraster anzeigt. Durch einen Doppelklick auf die jeweilige Note wird diese auf ihre „korrekte“ Position im Zeitraster verschoben und so gedehnt oder gestaucht, dass der Melodiefluss durch die Verschiebung nicht unterbrochen wird.

Bei Veränderungen der Wiedergabegeschwindigkeit wird die Einschwingphase (Attack) aller Noten automatisch angepasst, damit ihr ursprünglicher Klangcharakter erhalten bleibt. Allerdings lässt sich auch die Einschwingphase für jede Note einzeln manuell bearbeiten. Einschwingphasen können verlängert oder verkürzt werden und es lässt sich festlegen, wie lang der Abschnitt innerhalb der Note sein soll, auf den sich diese Bearbeitung bezieht.

4.2.2.4 Amplitudenbearbeitung

Nach Auswahl des *Amplitudenwerkzeugs* wird der Lautstärkeverlauf für jede Note als wellenförmige Linie auf dem jeweiligen Blob angezeigt. Neben der einfachen Lautstärkebearbeitung von einzelnen oder mehreren Noten ermöglicht dieses Werkzeug

[218] Das Beispiel **[♪29]** demonstriert intensive Manipulationen verschiedener Tonhöhen- und Zeitparameter.

auch die Bearbeitung von Lautstärkeverläufen an den Notenübergängen sowie das Stummschalten einzelner Noten. Die Dynamik eines Stücks kann durch die Veränderung der Lautstärkeverhältnisse zwischen den verschiedenen Blobs differenziert bearbeitet werden – durch die grafische Darstellung der einzelnen Noten ist diese Arbeit deutlich komfortabler als das Einzeichnen von Lautstärke-Automationen im Arrangierfenster eines Sequenzers.

4.2.2.5 MIDI- Funktionen

Neben der umfassenden Bearbeitung von Klängen bietet Melodyne die Möglichkeit, erkannte Klangparameter als MIDI-Steuersignale auszugeben oder zu speichern. Indem diese Daten einem Synthesizer oder Sampler zugeführt werden, lassen sich Eigenschaften des analysierten Klanges wie Tonhöhenveränderungen und Lautstärke-Hüllkurven, auf andere Klänge übertragen. Dadurch können Charakteristika verschiedener Klänge miteinander kombiniert werden – beispielsweise ist es möglich, den Klang eines Klaviers mit dem Ein- und Auschwingverhalten einer Violine zu versehen (vgl. Kapitel 5.2).

Mit einem MIDI-Keyboard kann die Tonhöhe von in Melodyne befindlichem Audiomaterial gesteuert werden. Dafür stehen verschiedene Modi zur Verfügung. Im Modus „MIDI In spielt Noten" werden die Blobs in der jeweils angeschlagenen Tonhöhe abgespielt und springen anschließend auf ihre Originalposition zurück. Im Modus „MIDI In ändert Tonhöhen der Noten" bleiben sie auch nach dem Loslassen der Taste auf der entsprechenden Tonhöhe – der Melodieverlauf wird bleibend verändert. Der Modus „MIDI In transponiert…" dient zur Transposition des gesamten Arrangements – wird eine Taste gedrückt, verschieben sich alle im Arrangierfenster befindlichen Aufzeichungen in ihrer Tonhöhe, wobei die relativen Entfernungen der Einzeltöne zueinander erhalten bleiben.

4.2.3 Melodyne Editor

Das Neuartige an Melodyne Editor ist, dass die Anwendung die Möglichkeit bietet, polyphones Audiomaterial in seine Einzelstimmen zu zerlegen und diese anschließend mit den bereits aus Melodyne Studio bekannten Werkzeugen einzeln zu

manipulieren. Damit bietet das Programm nie dagewesene Eingriffsmöglichkeiten in die Tonhöhen- und Zeitstruktur polyphoner Klangaufzeichnungen.

Melodyne Editor kann als *Standalone*-Anwendung und als Plugin installiert werden. Die Arbeitsweise der Standalone-Version entspricht im Prinzip der eines normalen *Sample-Editors*: Eine Audiodatei wird aufgezeichnet oder geladen, bearbeitet und anschließend abgespeichert. Die Plugin-Variante dient zur Bearbeitung von Audiomaterial, das sich auf einer Spur in einem Host-Sequenzer befindet. Die Funktionen innerhalb der beiden Ausführungen unterscheiden sich nicht nennenswert. Die Arbeitsweise von Melodyne Editor ist über weite Strecken vergleichbar mit der von Melodyne Studio, daher wird im Folgenden lediglich auf die Besonderheiten in der Verarbeitung von polyphonem Klangmaterial eingegangen.

4.2.3.1 Audio-Analyse

Wie die Studio-Version unterzieht auch Melodyne Editor das Audiomaterial zunächst einer Analyse, bevor es weiter verarbeitet werden kann. Auch die Einordnung des Klangmaterials als melodisch, polyphon oder perkussiv erfolgt automatisch. Anders als bei Melodyne Studio wird jedoch polyphones Material nicht auf einer einzelnen horizontalen Achse dargestellt, sondern nach den Tonhöhen seiner Einzeltöne vertikal in Blobs aufgeteilt.

Laut Hersteller ist Melodyne Editor die erste kommerzielle Software, welche die Ermittlung und Bearbeitung der innerhalb von polyphonem Material befindlichen Einzeltöne ermöglicht.[219] Da ein polyphones Signal aus einer Überlagerung mehrerer Wellenformen besteht und keine einheitliche Grundschwingung hat, können Tonhöhen nicht so einfach gemessen werden wie bei monophonem Material. Allerdings sind die einzelnen Grund- und Obertöne, aus denen sich ein polyphones Signal zusammensetzt, in einer Spektralanalyse erkennbar. Der Algorithmus der Direct Note Access-Technik ermittelt, welche Obertöne des Spektrums zu welchen Grundtönen gehören, und ordnet diese jeweils einer gemeinsamen Note zu.[220]

[219] Vgl. Celemony (2009), S. 10; sofern nicht anders anders gekennzeichnet, beziehen sich die nachfolgenden Darstellungen bis einschließlich Punkt 4.2.3.2 auf diese Quelle.
[220] Vgl. http://www.celemony.com/cms/index.php?id=dna_interview (10.11.2009)

Der Fokus von Melodyne Editor liegt auf der Analyse und Bearbeitung von Einzelaufnahmen polyphoner Instrumente wie Gitarre, Klavier etc.. Die Aufteilung des Klangmaterials erfolgt nach Tonhöhen, nicht nach den Klangfarben der sie erzeugenden Instrumente. Daher stößt die Analyse bei aus mehreren Instrumenten zusammengesetzten Aufnahmen an ihre Grenzen – wenn beispielsweise zwei oder mehr Instrumente den gleichen Ton spielen, errechnet Melodyne daraus nur einen Blob, der die Klänge aller beteiligten Instrumente enthält.

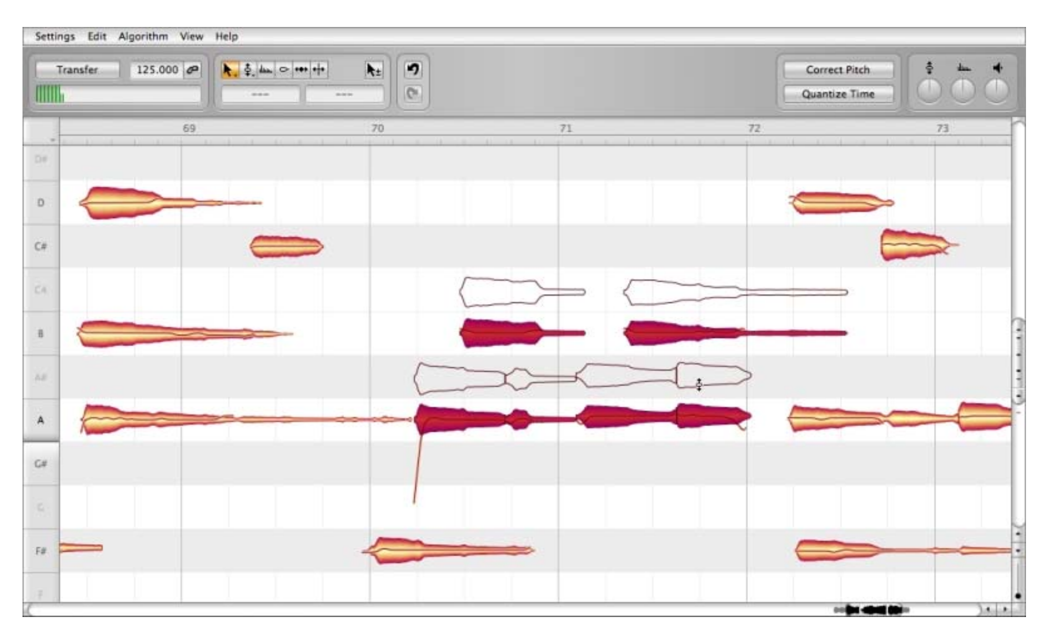


Abb. 18: Melodyne Editor

Editieren von Analyseergebnissen

Während Melodyne monophone Melodien meistens weitgehend korrekt analysiert, funktioniert die Auftrennung von polyphonem Material in seine Einzeltöne häufig nicht fehlerfrei. Der Grund dafür liegt in der Tatsache, dass die Frequenzspektren polyphoner Klänge häufig auf mehrere Arten interpretiert werden können und somit auch mehrere Möglichkeiten der Aufteilung des Spektrums in Einzelnoten gegeben sind – je komplexer das Spektrum, desto zahlreicher die Interpretationsmöglichkeiten und damit die Fehleranfälligkeit. Mitunter kann bei der Analyse nicht festgestellt werden, ob es sich bei einer hohen Amplitude innerhalb des Frequenzspektrums um eine neue Note oder um den Oberton einer tieferen Note handelt. So kommt es beispielsweise vor, dass ein Oberton als Grundton interpretiert wird oder dass ein hörbarer Ton nicht grafisch erfasst wird, weil er als Oberton einer anderen Note eingestuft wird. Daher ist es immer notwendig, die Ergebnisse der Analysen polyphonen Klangmaterials zu überprüfen und gegebenenfalls manuell nachzubearbeiten. Dieser

Arbeitsgang erfolgt im *Note Assignment Mode*. Dort werden als Grundtöne eingestufte Töne als farbig ausgefüllte Blobs dargestellt („aktive" Noten) und hohle Blobs repräsentieren Töne, die als Obertöne interpretiert wurden („potentielle" Noten).[221] Durch einen Doppelklick können „aktive" in „potentielle" Noten umgewandelt werden und umgekehrt. Des Weiteren lässt sich festlegen, ab welchem Amplitudenschwellwert Klangereignisse als „potentielle" beziehungsweise „aktive" Noten eingestuft werden.

4.2.3.2 Bearbeitung

Für die Bearbeitung von Einzelnoten innerhalb polyphoner Klänge stehen die selben Funktionen zur Verfügung wie für die Bearbeitung von monophonen Melodien in Melodyne Studio (vgl. 4.2.2).[222] Bei erkannten Einzeltönen innerhalb polyphoner Klänge unterscheidet Melodyne Editor zwischen der eigentlichen Note und einem eventuell daran anschließenden Nachhall. Diese Ausklangphase lässt sich durch Aktivieren der Option *Show Note Tails* für alle Noten einblenden und anschließend verlängern oder verkürzen. Somit lässt sich der Raumklang polyphoner Aufzeichnungen unabhängig von ihren Notenwerten verändern. Ist die Option aktiv, liegt der Fokus auf einer möglichst authentischen Darstellung dessen, was in der Aufzeichnung hörbar ist. Ist sie deaktiviert, bildet die Darstellung eher den musikalisch-kompositorischen Verlauf der Aufzeichnung ab.

---

[221] Vgl. Celemony (2009), S. 15

[222] Mit Melodyne Editor erzeugte Bearbeitungsbeispiele: **[♪31-35]**

5. Elastic Audio in der musikalischen Praxis

In diesem Kapitel wird an einigen Beispielen dargestellt, in welchen musikalischen Bereichen die unter dem Begriff „Elastic Audio“ zusammengefassten Anwendungen in der Musikproduktion zum Einsatz kommen und welche Zielsetzungen mit ihrer Verwendung verfolgt werden. Anhand der beschriebenen Beispiele werden Überlegungen angestellt, inwieweit sich die Verwendung der Verfahren auf die Ästhetik der mit ihrer Hilfe erzeugten Musik auswirkt. Anschließend folgt eine Erläuterung der Annäherung von Audio und MIDI sowie eine Darstellung der Auswirkungen von Elastic Audio-Verfahren auf die Musikproduktion.

5.1 Intonationskorrektur

Die Intonationskorrektur von Gesangsstimmen bei Studioaufnahmen und Live-Auftritten hat in den vergangenen Jahren enorme Verbreitung gefunden. Kein anderes Audio Plug-In wurde so häufig verkauft wie Auto-Tune[223] – die Branchenzeitschrift Billboard sprach im Bezug auf die Popularität der Anwendung bereits im Jahr 2000 von einer Revolutionierung der Musikproduktion.[224] Heute ist die Intonationskorrektur genreübergreifend gebräuchlich. Verfahren wie Auto-Tune werden im Hip-Hop und im R&B ebenso eingesetzt wie bei Reggae-, Country- und Indierock-Produktionen. In kommerziell ausgerichteten Pop-Produktionen ist der Einsatz von Intonationskorrekturen eher die Regel als die Ausnahme.[225]

Die Verbesserung der Intonation von Sängern mit technischen Hilfsmitteln ist an sich nichts Neues:

> „Everyone used the Eventide Harmonizer which let you shift the pitch of an audio signal by using a dial. […] Cyndi Lauper and Madonna may have done

[223] Vgl. Collins (2003), S. 171

[224] „Today, it would not be an overstatement to say that Auto-Tune, Antares’ groundbreaking pitch correction plug-in, has revolutionized record-making.” Verna (2000), S. 78

[225] „I would dare to say that (pitch correction) is in almost all music you hear on pop radio to some extent.” Taylor, Adam (*Head Engineer* des Camp Street Studio in Cambridge), zitiert nach Treacy (2008)

> some straight singing, but they often had help. Before that there was vari-speed".[226]

Allerdings war die Intonationskorrektur vor der Entwicklung von Auto-Tune sehr aufwändig, da sie manuell und für jeden Ton einzeln vorgenommen werden musste. Im Verhältnis dazu ist die Korrektur mit den heutigen Verfahren sehr schnell und einfach durchzuführen, was eine Erklärung für die große Verbreitung in der Popmusik bietet.

5.1.1 Gründe für Intonationskorrekturen

Ein Grund für den Einsatz von Intonationskorrekturverfahren ist der Zeitmangel bei Studiosessions, wie der Produzent Brandon Christy mit seiner Beschreibung einer Aufnahme mit Robbie Williams verdeutlicht:

> „Craig Russo und ich hatten viel Spaß mit Robbie im Studio, obwohl er gerade mitten in den Vorbereitungen für seine Welttournee steckte – zwei oder drei Takes von ihm waren bei all den Ablenkungen das Höchste der Gefühle. […] Minuten nachdem er den Song geschrieben hatte, gab er uns energiegeladen und enthusiastisch seinen frischen, kreativen Output, und wir hatten die Möglichkeit, einen starken Moment eines großartigen Popsängers einzufangen. Anstatt einen erschöpften Sänger zu ‚melken', konnten wir dank Melodyne kleinere Probleme mit Intonation, Timing und Lautstärken problemlos und unhörbar später beseitigen und dafür einen Künstler seine Sache durchziehen lassen, ohne von diesen Dingen gebremst zu werden."[227]

Christy erwähnt hier einen weiteren wichtigen Grund für den Einsatz von Intonationskorrekturverfahren: Häufig stimmen bei den ersten Aufnahmeversuchen zwar die Energie und das Gefühl des Sängers, aber die Intonation ist noch nicht perfekt, während es nach zahlreichen Versuchen mitunter umgekehrt ist. Die Intonationskorrektur kann ein hilfreiches Mittel sein, um dem Sänger Stress zu ersparen und gleichzeitig das gewünschte Ergebnis bei der Aufnahme zu erzielen.

> „You no longer have to beat an artist into submission by asking them to pound out a vocal 15 times to get that one magic performance – which can result in a

---

[226] Taylor, Adam, zitiert nach Treacy (2008); der Begriff *Vari-Speed* bezeichnet die Möglichkeit der Geschwindigkeitsveränderung bei Bandmaschinen.

[227] Christy, Brandon, zitiert nach http://www.celemony.com/cms/index.php?id=395&L=1 (10.11.2009).

> recording that's technically accurate but passionately not convincing. With vocal processing, you can get the passion and then fix something."[228]

5.1.2 Strategien der Intonationskorrektur

Zwischen den Verfahrensweisen bei der Anwendung von Intonationskorrekturen bestehen deutliche Unterschiede. Der geringfügigste Eingriff ist die Korrektur von einzelnen Noten innerhalb einer Aufnahme, wie sie Jim Anderson bei der Produktion des Albums *The Traveler* (2008) von dem Jazz-Pianisten Kenny Barron durchführte:

> "The singer's improvising, and she hits the seventh of the chord, and if she was all by herself that would be fine. But what you will hear at the very end is the pianist comes up and hits the same note. And it's just ever so slightly out. I took the liberty of tweaking that note ever so slightly. Very subtle thing, just brought it down and tried to lock (the singer) in with the piano pitch. It's the only note in the entire record that was fixed. Period. […] In fact, it felt right, it felt on pitch. And the way I approach it is: If it takes my ear away from the music, then I should do something about it. But you know a lot of music, the inflection is like a bluesy inflection. You don't want to be fixing everything; you take some of the humanity out of the singer."[229]

Anderson war offenbar sehr darauf bedacht, den ursprünglichen Klangcharakter des Gesanges zu bewahren und die Struktur der Aufnahme nicht mehr als notwendig zu verändern. Häufig wird bei der Intonationskorrektur jedoch sehr viel radikaler eingegriffen:

> „It usually ends up just like plastic surgery. […] You haul out Auto-Tune to make one thing better, but then it's very hard to resist the temptation to spruce up the whole vocal, give everything a little nip-tuck."[230]

Diese Vorgehensweise führt häufig zu Gesangsstimmen, die von jeder tonalen Unsauberkeit bereinigt sind und damit sehr artifiziell klingen. Ein Beispiel dafür bietet das Stück *I'm Walking Away* (2000) des R&B-Sängers Craig David **[♪14]**. Der Einsatz der Intonationskorrektur ist hier so intensiv und offenkundig, dass er bereits als bewusster Eingriff in den Klangcharakter der Stimme betrachtet werden kann. Diese

[228] Serletic, Matt (Produzent von Matchbox Twenty u. a.), zitiert nach Katz (2004), S. 44
[229] Anderson, Jim, zitiert nach Hansen (2008)
[230] Anonymer Toningenieur, zitiert nach Tyrangiel (2009), S. 2

Aufnahme steht nur exemplarisch für unzählige Musikproduktionen, bei denen vergleichbar stark in den Gesang eingegriffen wurde – das Nivellieren aller Nuancen der menschlichen Stimme ist in der Popmusik zum ästhetischen Standard geworden. Das Publikum ist so sehr an den klinisch sauberen und glatten Klang der Gesangsstimme gewöhnt, dass er häufig nicht mehr als unnatürlich wahrgenommen wird, sondern dass diese Klangästhetik geradezu erwartet wird:

> „It's become popular enough that listeners hardly notice it anymore. Their ears have become trained by modern standards and expectations."[231]

Der Einsatz von Anwendungen zur Intonationskorrektur hat also nachhaltigen Einfluss auf die Klangästhetik von Popmusik-Produktionen und somit auch auf die Hörgewohnheiten des Publikums. Die unvermeidlichen Nebeneffekte der Intonationskorrektur sind ein gewünschter Bestandteil der Popmusik-Ästhetik geworden – daher wird Auto-Tune mitunter sogar eingesetzt, wenn eine Pitch-Korrektur eigentlich gar nicht erforderlich ist, wie der Toningenieur Josh Binder erläutert:

> "When you're working with a great singer whose pitch is right on, you can still apply Auto-Tune. […] I'll throw a chromatic Auto-Tune (patch) onto the vocal with a kind of mellow responsiveness level, which gives it a nice chorus/flanging effect. I'll print the effect to a separate track and then paste it into the comped vocal mix at the end. You hear that kind of sound a lot now on female voices, like Christina Aguilera, and on a lot of really soulful R&B vocals. It's not there to fix the vocal; it's there to be part of the vocal sound. You can also use it to get a very cool portamento effect on vocals or on instruments. […] When you get a nice R&B slide or slur in the vocal, Auto-Tune can enhance it and make it even smoother. I mean, it almost sounds calculated, like you can hear the algorithms processing as you do it. But that's become part of the vocal sound for a lot of singers now."[232]

Eine weitere Strategie des Einsatzes von Intonationskorrekturverfahren ist die Erzeugung von Verfremdungseffekten durch extreme Einstellungen in der Software. Hier ist besonders der bereits erwähnte „Cher-Effekt" zu nennen, der zum ersten mal auf der Textpassage „I Can't Break Through" in Chers Stück *Believe* **[♩15]** im Jahr 1998 zu hören war, wo er „parallel zum Inhalt des Textes einen kontrollierten Kontrollver-

[231] Taylor, Adam, zitiert nach Treacy (2008)
[232] Binder, Josh, zitiert nach Daley (2003)

lust, ein Abrutschen in die emotionale Kältezone“[233] darstellte. Große Verbreitung erlangte der Effekt durch den Rapper T-Pain, der ihn in nahezu allen seinen Stücken verwendet:

> „Was mit der Suche des Sängers aus Florida nach einem eigenen Wiedererkennungseffekt begann, löste einen Trend aus, der die Popmusik der vergangenen Jahre definierte und die Top Ten der HipHop- und R&B-Charts zunehmend wie einen einzigen T-Pain Song klingen lässt.“[234]

Ein bekanntes Beispiel für den Einsatz von Auto-Tune als Effekt ist das Album *808s & Heartbreak* von Kanye West aus dem Jahr 2008. Erstmals tritt der Rapper auf diesem Album auch gesanglich in Erscheinung, wobei seine Stimme in allen Stücken mit Auto-Tune stark verfremdet wurde **[♪16]**. Viele Texte auf dem Album handeln von Abschied und Trennung, und der unmenschliche Klang seiner Stimme unterstreicht die Trostlosigkeit der Instrumentaltracks und der Texte:

> „Kanye's digitized vocals are the sound of a man so stupefied by grief, he's become less than human.”[235]

Der Einsatz von Auto-Tune erfüllt für Kanye West einen doppelten Zweck:

> „While he couldn't have hit most of the notes without Auto-Tune, he also couldn't have sounded as ghostly and cold.”[236]

5.1.3 Kontroverse

Während die Manipulation von Instrumentalaufzeichnungen oder die Simulation beispielsweise eines Orchesters mit Hilfe eines Samplers heute weithin geduldet werden, stößt die Manipulation von Gesangsaufnahmen mitunter auf großen Widerstand.[237] Überschriften in Zeitschriften und Zeitungen wie „Ruled by

[233] Fischer (2008)
[234] Ebd.
[235] Rosen (2008)
[236] Tyrangiel (2009), S. 2
[237] In den 1980er und 1990er Jahren gab es eine vergleichbar intensiv geführte Diskussion darüber, ob die Praxis des Sampling Diebstahl oder Kunst sei, welche sich mittlerweile allerdings weitgehend beruhigt hat. Sampling ist „so normal geworden, daß nur noch wenige von Stehlen und Plündern, die meisten aber von einer Form des musikalischen Zitats sprechen, [...] die aber aus der Popmusik nicht mehr wegzudenken ist." Poschardt (1995), S. 278

Frankenmusic“[238], „Is Auto-Tuning Cheating?“[239] oder „Oh, my ears! Auto-Tune is ruining music“[240] lassen erahnen, wie emotional das Thema Intonationskorrektur diskutiert wird.

Als Auslöser des Trends, Auto-Tune als Effekt zu verwenden, bekam T-Pain besonders viel Unmut zu spüren:

> „Mein Auto-Tune-Einsatz wirbelte so viel Hass auf. Ich fühlte mich nicht akzeptiert und bereitete meinen Ausstieg aus dem Musikbusiness vor."[241]

Vor diesem Hintergrund verwundert es nicht, dass den Künstlern nicht daran gelegen ist, ihre Verwendung von Intonationskorrekturen bekannt zu machen:

> „Of the half a dozen engineers and producers interviewed for this story, none could remember a pop recording session in the past few years when Auto-Tune didn't make a cameo – and none could think of a singer who would want that fact known.”[242]

Doch auch unter den Künstlern regt sich Widerstand gegen die allgegenwärtige Auto-Tune-Ästhetik – so war die Hülle des Albums *Miss Fortune* (2002) der Country-Sängerin Allison Moorer mit dem folgenden Hinweis versehen:

> „Absolutely no vocal tuning or pitch-correction was used in the making of this record.“[243]

Bei den Grammy-Awards 2009 protestierte die Indie-Rock-Band Death Cab for Cutie mit blauen Ansteckbändern an ihren Sakkos gegen die Verwendung von Auto-Tune[244] und Rapper Jay-Z veröffentlichte 2009 ein Stück mit dem Titel *D.O.A. (Death of Auto-Tune)*.[245]

---

[238] Everett-Green (2006)
[239] Conner-Simons (2008)
[240] Sclafani (2009)
[241] Fischer (2008). „Drei Jahre später aber ist T-Pain besser im Geschäft als je zuvor: Seine metallisch verzerrten Gesangslinien haben ihm bereits ein knappes Dutzend Nummer-Eins-Hits beschert und inspiriert eine immer noch wachsende Schar von Jüngern.“ (Ebd.)
[242] Tyrangiel (2009), S. 2
[243] Daley (2003)
[244] Die Band begründete die Aktion folgendermaßen: „We just want to raise awareness while we’re here and try to bring back the blue note… The note that’s not so perfectly in pitch and just gives the recording some soul and some kind of real character. It's how people really sing.” New Musical Express Online (2009)

Doch warum stößt die Manipulation der menschlichen Stimme auf so große negative Resonanz, während umfassende Eingriffe in die Struktur von Instrumentalaufnahmen unkommentiert bleiben? Ein Grund dafür könnte die besondere Rolle sein, welche die Gesangsstimme innerhalb eines Musikstücks einnimmt:

> „The lead vocal is an extremely important element in most pop music: it commands the listeners attention not only because it is a human voice – *it speaks* – but also because it carries the lyrics of the song – it communicates the song's 'message'. Moreover, the emphasis pop musicians place on accessibility, familiarity and personality is especially evident in the lead vocal through idiosyncratic phrasing, pitching, timbre and regional accent."[246]

Eingriffe in die Struktur der Gesangsstimme bedeuten für viele Hörer einen Verlust an Authentizität – gerade Manipulationen, die nicht allzu offenkundig sind, werden häufig als Vertuschung mangelnder stimmlicher Fähigkeiten betrachtet:

> „Some see this as cheating. Even worse, some believe the music industry has entered a "twilight zone" in which marginally talented yet attractive performers can be packaged and turned into mega-stars. Meanwhile, truly gifted yet less magnificent physical specimens are left to struggle in the shadows or are pushed aside altogether."[247]

Eine ähnliche Position vertritt der Produzent R. S. Field:

> "Digital vocal tuning is contributing to the Milli Vanilli-fication of pop music. It's a shame that people just do it by rote."248

Diesen Aussagen liegt die Befürchtung zugrunde, durch die Möglichkeit der Intonationsverbesserung könnten gutes Aussehen und Charisma für den Erfolg im Musikbusiness wichtiger werden als musikalische Fähigkeiten. Bei den Produzenten, die Intonationskorrekturverfahren anwenden, liegt der Fokus häufig ausschließlich auf der Qualität des Resultats, egal mit welchen Mitteln es erzeugt wird:

---

[245] Veröffentlicht auf Roc Nation. Ironischerweise wurde das Stück produziert von Kanye West.
[246] Warner (2003), S. 31 (Hervorhebung im Original)
[247] McCall (2004), S. 1
[248] Field, R. S., zitiert nach Chu (2003); die Band Milli Vanilli hatte in den frühen 1990er Jahren für einen Skandal gesorgt, als herauskam, dass die beiden gutaussehenden Sänger gar nicht singen konnten, sondern bei Live-Auftritten durch Studiosänger erstellte Playbacks verwendet hatten. Mit den heutigen technischen Möglichkeiten wäre diese Maßnahme vielleicht gar nicht notwendig gewesen. Vgl. auch Katz (2004), S. 21

> „I don't believe there should be any limitations on the resources used to reach a great-sounding vocal regardless of the singer's ability. I am hired to help make a recording that can be sold, and if the vocal performance isn't cutting it, then get the tool box out and fix it. Having said that, on the rare occasion I have been sent into the studio with someone who can't sing, all the Auto-Tune in the world isn't going to make them sound like a singer! I believe some talent is needed in the first place and then all the tricks can be added."[249]

Gerade bei gesanglichen Darbietungen sind zahlreiche Parameter beteiligt, die mit technischen Mitteln (noch) nicht zu beeinflussen sind. So ist beispielsweise bei einem unsicheren Sänger der Kehlkopf verengt und er atmet nicht frei. Dies wird auch auf einer optimierten Aufnahme hörbar sein, selbst wenn die Intonation perfekt ist. Auch ist es nicht möglich, einem ungeübten Sänger durch Nachbearbeitung zu einer über Jahre hinweg ausgebildeten Stimme zu verhelfen oder einen Schnupfen mit technischen Mitteln zu entfernen. Trotz aller Flexibilität sind die Möglichkeiten der technischen Optimierung nicht unbegrenzt. So sagt selbst Marco Alpert, Vizepräsident des Auto-Tune-Herstellers Antares:

> "If you're a bad singer and sing out of tune, it'll turn you into a bad singer who's now singing in tune"[250]

Was bei der Argumentation gegen Intonationskorrekturen ebenfalls häufig außer Acht gelassen wird ist die Tatsache, dass kosmetische Eingriffe in die Gesangsstimme zur Erzielung des bestmöglichen Resultats alles andere als neu sind. Auch Eingriffe wie die durch Multitracking mögliche Zusammenstellung einer Gesangsspur aus vielen einzelnen Takes und die Bearbeitung der Dynamik durch Faderbewegungen am Mischpult oder mittels eines Kompressors führten zu Illusionen von Performances, die ohne technische Mittel nicht möglich gewesen wären.[251]

> „Since the inception of audio technology, engineers have tinkered with equipment and tampered with the studio process, all with the aim of creating a dynamic recording with mass appeal. The most famous producers of all time –

[249] Hodgson, Donal (Produzent von Sting, Tina Turner u. a.), zitiert nach Daley (2003)
[250] Alpert, Marco, zitiert nach Chu (2003)
[251] Vgl. Conner-Simons (2008); Warner (2003), S. 31

> including Sam Phillips, Phil Spector, Berry Gordy, Billy Sherrill and Mutt Lange – employed technological tricks to make their records stand out.”[252]

Der Musikkritiker Greg Kot formuliert es noch deutlicher:

> „Short of setting up one microphone in the middle of the room and letting a band play in real time, every record is an artificial construct.”[253]

Neben dem Argument, die Durchführung von Intonationskorrekturen verringere die Authentizität von Gesangsaufnahmen, sehen viele Kritiker die Verbreitung von Produktionen mit perfekter Intonation als eine Beschneidung der gesanglichen Ausdrucksmöglichkeiten und somit als einen Verlust an Vielfalt.

> „Does modern music's obsession with ‘perfection’ process out the peculiarities that, in the past, resulted in some of the best-loved records and most revered artists in popular music? Imagine Johnny Cash being auto-tuned. Or Hank Williams. Or, for that matter, Mick Jagger, Louis Armstrong and Bob Dylan. All of them sang off-key at times; some of them rarely, if ever, hit a ‘correct’ note. Each of them typically hit the ‘right’ one, though: Their performances are legendary, despite – or maybe because of – their imperfections.”[254]

Kritiker der Intonationskorrektur befürchten, die Gewöhnung an perfekt intonierte Stimmen könnte dazu führen, dass Intonationsschwankungen als Ausdrucksmittel aus der Popmusik verschwinden:

> „American Idiot, Green Day's latest album, has sold almost seven million discs […] and topped the charts on both sides of the Atlantic. The more they and other auto-tuning musicians succeed, the more people become habituated to their kind of pitch perfection. Dead-centre pitch is becoming the new norm. As it does so, a lot of popular music's expressive capacities may wither away.”[255]

Jim Anderson, Präsident der Audio Engineering Society, machte die Beobachtung, dass die enorme Verbreitung der Intonationskorrektur auch die Weise beeinflusst, wie unbearbeitete Stimmen wahrgenommen werden:

---

[252] McCall (2004)
[253] Kot, Greg, zitiert nach Conner-Simons (2008)
[254] McCall (2004)
[255] Everett-Green (2006)

> „The other day, someone was talking about how Aretha Franklin at the Inauguration was a bit pitchy. […] I said, 'Of course! She was singing!' And that was a musician talking. People are getting used to hearing things dead on pitch, and it's changed their expectations."[256]

5.2 Weitere Anwendungsbereiche

Ein weiteres Einsatzgebiet von Elastic Audio-Verfahren ist die Anpassung von Klangparametern bei der Rekombination von Audiomaterial. Besonders in Musikrichtungen, in denen viele Samples zum Einsatz kommen, werden häufig Klänge aus verschiedensten Quellen innerhalb eines Stücks verwendet. Dabei müssen meist Klangparameter wie Tonalität, Geschwindigkeit und Rhythmik aufeinander abgestimmt werden. Dieser Prozess wird durch die Verwendung von Elastic Audio-Verfahren enorm erleichtert, wie der Produzent John King beschreibt:

> „Especially Ableton [Live] is what I dreamed of back in the mid-1980s, when I was using primitive software with numbers flashing across the screen. I had to program it all and it was just so complicated. […] I had to pull the sample up, choose which one might work, trim it, tune it, sync it, and after a long process I could decide whether it really was cool or not. Now I just click and instantly hear things from my library playing in sync with the song. It's exactly what I need, and allows me to focus on the creative aspect and not get distracted by technical things."[257]

Dadurch, dass die zugrundeliegenden Bearbeitungsprozesse durch die Anwendungen automatisch vollzogen werden, vermitteln sie dem Benutzer das Gefühl eines musikalischeren Arbeitens – der Musiker Richard Devine vergleicht Ableton Live gar mit einem Spielgerät:

> „Live is the Lego building audio program, where you can stack Legos of sound bars onto each other and they all work perfectly together."[258]

Ein Beispiel für die melodische Anpassung von Samplematerial bietet der Remix *Don't You Trust Me* (2004), für den ein Gesangspassage des 1996 verstorbenen

---

[256] Anderson, Jim, zitiert nach Tyrangiel (2009), S. 3

[257] King, John (Dust Brothers), zitiert nach Tingen (2005); King bezieht sich hier auf die automatische Anpassung von Sample-Loops an das Projekttempo in Ableton Live.

[258] Devine, Richard, zitiert nach http://www.ableton.com/pages/artists/devine (10.11.2009)

Tupac Shakur melodisch so manipuliert wurde, dass sie wie eine Antwort auf eine Phrase der Sängerin Dido klingt.[259]

Elastic Audio-Verfahren werden auch verwendet, um den Klang von Musikinstrumenten noch nach der Aufzeichnung so zu bearbeiten, dass sie sich perfekt in den Gesamtmix einfügen, wie der Produzent David Kahne beschreibt:

> „Ich isoliere die Bassdrums aus der Aufnahme eines echten Schlagzeugs oder aus einem Drumloop und markiere sie alle auf einmal. Während ich den Song abspiele, verschiebe ich die Tonhöhe der Bassdrums so lange, bis sie perfekt zum Bass passen. So kann man mächtige Resonanzen im Tiefbassbereich erzeugen.“[260]

Ohne diese Möglichkeit hätte der Klang der Bassdrum im Zusammenspiel mit dem Bass vor der Aufnahme optimiert werden müssen, was mit einem erheblich höheren Aufwand verbunden gewesen wäre.

Auch für die kreative Verfremdung von Klangmaterial werden Elastic Audio-Verfahren häufig eingesetzt. Der Jazz-Gitarrist und Komponist Eivind Aarset verwendet Ableton Live beispielsweise für die radikale Umstrukturierung verschiedener Parameter von Klangmaterial:

> „Perhaps the strongest attribute of Live is its ability to create rhythmically interesting riffs and grooves. I find that by moving the Warp Makers around in the Clip View and working with pitch at the same time, thereby changing the accents, I can actually create a total change of the feel and characteristics of the riff or loop tonally, sonically and rhythmically."[261]

---

[259] Vgl. http://www.celemony.com/cms/index.php?id=186&L=0 (10.11.2009); das Stück erschien 2004 auf dem Album *Loyal To The Game*, veröffentlicht bei Interscope Records.

[260] Kahne, David (Produzent von Cher, Paul McCartney u. a.), zitiert nach http://www.celemony.com/cms/index.php?id=190&L=1 (10.11.2009)

[261] http://www.ableton.com/pages/artists/aarset (10.11.2009); wenn die *Warp*-Funktion aktiviert ist, synchronisiert Live rhythmische Samples automatisch zum Projekttempo. Mit den *Warp-Markern* lassen sich bestimmte Punkte innerhalb eines Samples mit einer bestimmten Taktposition verbinden, wodurch die rhythmische Struktur des Samples verändert werden kann. Vgl. Ableton 2009, S. 131

Für den Soundtrack zum Film *Rabbit Proof Fence*[262] (2002) übertrug Peter Gabriel Klangparameter von einer Schallquelle auf eine andere, wofür er die Audio-zu-MIDI-Funktion von Melodyne benutzte (vgl. Kapitel 4.2.2.5):

> „Mit ihr konnten wir Klänge von irgendwo her nehmen, in unserem Fall aus der Natur, und daraus MIDI-Steuerdaten machen, mit denen wir Musikinstrumente manipuliert haben. So konnten Vögel auf einmal Cello oder Bläser spielen, oder der Wind spielte Streichinstrumente.“[263]

5.3 Annäherung von Audio und MIDI

Grundsätzlich kann bei der Studioarbeit zwischen zwei Ebenen des Umgangs mit musikalischem Material unterschieden werden. Ein Teil des Materials ist in Form von MIDI-Steuerdaten definiert. Dadurch, dass diese Daten selbst keinerlei Klangeigenschaften aufweisen, sondern lediglich Befehle in Form von numerischen Werten enthalten, können sie sehr flexibel manipuliert werden – bearbeitet werden dabei lediglich Spielanweisungen an Klangerzeuger, die sich problemlos in ihrer Tonhöhe, ihrer zeitlichen Position oder ihrem Klang verändern lassen.[264] Der andere Teil besteht in aufgezeichnetem Audiomaterial, das der Bearbeitung nicht in gleichem Umfang zugänglich ist wie MIDI-Noten – je komplexer ein Klang, desto geringer die Möglichkeit, ihn zu analysieren und nachträglich zu verändern, ohne dass die Bearbeitung unerwünschte Nebeneffekte mit sich bringt.

Die technischen Eigenschaften und die grafische Verarbeitung von MIDI-Daten begünstigen eine bestimmte Arbeitsweise, die sich deutlich auf die Ästhetik des musikalischen Produkts auswirkt. So werden Töne, wenn sie nicht mit einem MIDI-Keyboard eingespielt werden, im Sequenzer in ein zeitliches und tonales Raster gesetzt. Auch bietet es sich an, einmal programmierte Patterns zu loopen und sich bei der Verwendung von Samples auf wenige Varianten des gewählten Klanges zu beschränken, also beispielsweise nur auf ein Bassdrum-Sample zuzugreifen. Vielfalt und gewollte „menschliche“ Ungenauigkeiten sind zwar möglich, aber mit erheblich größerem Aufwand verbunden: Jeder gesetzte Ton-Block muss manuell bearbeitet

---

[262] Veröffentlicht unter dem Namen *The Long Walk Home* auf Real World Records.
[263] Gabriel, Peter, zitiert nach http://www.celemony.com/cms/index.php?id=artists&L=1 (10.11.2009)
[264] Vgl. Brüse (2000 (1)), S. 52

werden und die Erzeugung von klanglichen Variationen erfordert das Erstellen, Laden und Zuordnen neuer Samples.[265]

> „The considerable flexibility of some of the musical parameters offered by MIDI sequencers, and the few but distinct limitations of MIDI, result in the generation of music showing the following characteristics: all the sounds tend to be in tune and in time with each other […] since minute fluctuations in pitch and rhythm, typical of a 'live' situation are very hard to produce convincingly on a sequencer; […] the visual nature of the computer screen presents musical material as simple blocks and, as a result, encourages the production of pieces with additive, rather than organic structures. Musically, the sequenced piece tends to be […] lacking in many of the subtle performance elements (essentially deviations in pitch, rhythm, timbre, loudness, tempo and any combinations of these) that 'give life' to a piece. On the other hand, the sequencer replaces these elements with technically perfect precision, a sense of balance that would be unlikely outside the mixdown environment of the recording studio, and a blatantly mechanical effect."[266]

Audio-Aufzeichnungen hingegen enthalten immer Abweichungen vom idealen Ergebnis, sei es durch Schwankungen der Gesangsstimme, eine verstimmte Saite oder rhythmische Ungenauigkeiten. Dies bedeutet einerseits, dass Audio- gegenüber MIDI-Aufzeichnungen immer etwas weniger „perfekt" klingen. Andererseits sind sie dadurch auch weniger mechanisch und klingen vielseitiger und „menschlicher".

Durch die Entwicklung von Elastic Audio-Verfahren nähert sich die Flexibilität von Audiomaterial der Editierbarkeit von MIDI-Daten an. Zwar ist es bisher noch nicht möglich, die Tonhöhe einer Audioaufnahme bei gleichbleibender Klangqualität um eine Oktave zu transponieren oder ihre Geschwindigkeit zu halbieren, aber durch die detaillierte grafische Repräsentation des Klangmaterials und die Vielzahl und die Präzision der Eingriffsmöglichkeiten wurden für die Audioverarbeitung Möglichkeiten geschaffen, die bis vor kurzem der MIDI-Domäne vorbehalten waren und teilweise deutlich über die MIDI-Editierbarkeit hinausgehen.[267]

---

[265] Für die Erzeugung zeitlicher Ungenauigkeiten stehen in vielen Sequenzern *Humanize*-Funktionen zur Verfügung, mit denen sich erzeugte MIDI-Blöcke mit Abweichungen vom Quantisierungsraster versehen lassen; vgl. auch Théberge (1997), S. 225-226

[266] Warner (2003), S. 26-27

[267] Beispielsweise ist es bei MIDI-Aufzeichnungen nicht möglich, die Formanten unabhängig von der Tonhöhe zu bearbeiten.

Die Annäherung der Audio-Bearbeitung an die Flexibilität von MIDI kann ästhetische Veränderungen in beide Richtungen mit sich bringen: Einerseits wird die Lebendigkeit einer Klangaufzeichnung mit der Flexibilität und Geschwindigkeit der MIDI-Verarbeitung vereint. Beispielsweise ist es möglich, eine Percussion-Spur aufzunehmen und anschließend automatisch zu quantisieren, was Nuancen und Präzision zugleich ermöglicht. Andererseits fördert die zunehmende Kontrollierbarkeit aller Klangparameter die Tendenz, alle natürlichen Ungenauigkeiten und Nuancen aus Audioaufzeichnungen zu entfernen, was eher einer Annäherung der Audio-Verarbeitung an die MIDI-Ästhetik entspricht (vgl. Kapitel 5.1.2).

5.4 Wandel der Musikproduktion

Die Arbeit in den Tonstudios sowie die Rollenverteilung der an Musikproduktionen Beteiligten war immer stark durch den Stand der technischen Entwicklung geprägt.
In der Anfangszeit der Klangaufzeichnung waren die Möglichkeiten der Nachbearbeitung minimal. Die Qualität des Endprodukts hing in hohem Maß von der Darbietung der Musiker ab – verspielte sich einer der Musiker, musste die gesamte Aufnahme wiederholt werden. Voraussetzung für eine gute Produktion war dementsprechend, dass die Musiker perfekt vorbereitet und aufeinander eingespielt waren. Durch die mit der fortschreitenden Entwicklung wachsenden Möglichkeiten der technischen Klangoptimierung erhielt diese kontinuierlich zunehmende Bedeutung für das Ergebnis der Musikproduktion.

Die Aufzeichnung auf Magnetband brachte neben klanglichen Verbesserungen den Vorteil, dass ein Stück aus mehreren Takes zusammengeschnitten werden konnten. Ein Spielfehler in einer ansonsten guten Aufnahme bedeutete also nicht mehr zwangsläufig, dass diese hinfällig war. Einen gewaltigen Zuwachs an Flexibilität bedeutete die Einführung der Mehrspur-Aufnahme. Zum einen ermöglicht sie es, mehrere Musiker voneinander unabhängig aufzuzeichnen und bei Spielfehlern an der entsprechenden Stelle in die Aufnahme hinein zu „punchen“ und sie neu einzuspielen. Eine Aufnahme kann also aus vielen einzelnen Stücken zusammengesetzt werden. Zum anderen erlaubt Multitracking die unabhängige klangliche Nachbearbeitung jeder einzelnen Spur.

> „It's the first time it was acknowledged that the performance isn't the finished item, and that the work can be added to in the control room, or in the studio itself."[268]

Die Rollenverteilung zwischen Künstler und Techniker begann zu verschwimmen, wie Edward Kealy beschreibt:

> „In the late 1960s, recording artists began annexing the craft of sound mixing to their art, while some sound mixers attempted to slough off their designation as ‚technicians' and to establish a new collaborative role as ‚artist-mixers'."[269]

Durch seine wachsenden Gestaltungsmöglichkeiten wird das Tonstudio zunehmend selbst zum musikalischen Ausdrucksmittel und der Toningenieur wird zum Künstler – Katz spricht in diesem Zusammenhang von der Gattung des *Recordist*:

> „Recordists fall outside (or perhaps in between) the traditional triad of composer, performer, and listener. They might be thought of as sound shapers, artists in their own right who collaborate with performers and composers."[270]

Die Editierbarkeit von Audioaufzeichnungen wurde noch stärker ausgeweitet durch digitale Sampler und Sequenzer, mit denen Teile von Aufzeichnungen beliebig verschoben, neu arrangiert oder durch andere Teile ersetzt werden können.

Elastic Audio-Verfahren bilden eine weitere Stufe in dieser Entwicklungskette: Die Möglichkeit, Instrumente noch nach der Aufnahme zu stimmen oder die Länge und den Rhythmus von Klangaufzeichnungen zu verändern, verlagert die Bedeutung für die Qualität des musikalischen Endproduktes weiter von der Performance des Musikers auf die Nachbearbeitung – der Tontechniker-Ausspruch „fix it in the mix" bekommt tieferen Sinn. Der Einsatz von Manipulationsverfahren im Produktionsprozess wird immer umfassender und selbstverständlicher, wie Melodyne-Entwickler Peter Neubäcker beschreibt:

> „Many producers, for example, now routinely instruct Melodyne to detect every vocal or solo instrument line – and they do this before they've even decided whether or not they intend to process it – simply because once the material is in

[268] Eno (1979)
[269] Kealy (1990), S. 207
[270] Katz (2004), S. 44

> the Melodyne environment, if they do decide something needs correcting – the pitch or timing of a note, for example – they'll be able to do it with a few mouse clicks."[271]

Gleichzeitig sind sich die Musiker der Möglichkeiten der Nachbearbeitung bewusst und empfinden die technische Optimierung ihrer Stimme häufig als Selbstverständlichkeit:

> „Every singer now presumes that you'll just run their voice through the box."272

In dem Maß, wie der Produktionsprozess von der Aufnahme in die Phase der Nachbearbeitung verlagert wird, wächst die Bedeutung der Rolle des Produzenten beziehungsweise des Toningenieurs gegenüber der des Musikers. Auch der kreative und schöpferische Anteil der Nachbearbeitung wird größer. Bedingt durch den Anteil der technischen Nachbearbeitung sieht der Musikkritiker Greg Kot gar eine gänzliche Übertragung der Künstlerrolle vom Musiker auf den Produzenten:

> „We've gotten to the point where the producer is the artist, and the performer is just a tool in the broader spectrum of the record."[273]

In Bezug auf den Popmusik-Markt hat diese Aussage teilweise sicherlich ihre Berechtigung. Zu nennen ist hier beispielsweise der Bereich der TV-Casting-Shows, in denen häufig das gesamte Konzept von den Songs bis zum Band-Image bereits fertig ist, bevor feststeht, wer die Stücke am Ende singen wird. Hier liegt die Künstlerrolle bei demjenigen, der die Musik konzipiert und die Aufnahme für die Veröffentlichung aufbereitet. Der Sänger dient lediglich als Vehikel für die Vermarktung des Produktes.

Grundsätzlich ist zu beobachten, dass sich die traditionelle Rollenverteilung zwischen Komponist, Musiker, Produzent und Toningenieur immer weniger deutlich ziehen lässt. Heute werden vielfach alle Arbeitsgänge einer Musikproduktion von einer Person durchgeführt. Deutlich wird die Aufhebung der Rollen besonders in

[271] Neubäcker, Peter, zitiert nach Resolution Magazine (2004), S. 58
[272] Tyrangiel (2009), S. 2
[273] Conner-Simons (2008); die von Kot verwendete Bezeichnung „Performer" (im Sinne von Darsteller) ist in diesem Zusammenhang eigentlich treffender als der deutsche Begriff „Musiker", denn Musiker ist der Produzent, wenn er maßgeblichen Anteil an der Entstehung des musikalischen Werkes hat, ebenfalls.

elektronischen Musikrichtungen: Hier wird häufig vom „Produzenten“ eines Stücks gesprochen, wenn die Person gemeint ist, die ein Stück komponiert, aufgenommen bzw. programmiert und abgemischt hat.

6. Schlussbetrachtung

Im Verlauf der vorliegenden Arbeit ist deutlich geworden, wie sehr sich die Möglichkeiten des Eingreifens in die Struktur von Audiomaterial durch die Erweiterung der technischen Möglichkeiten in den vergangenen Jahren und Jahrzehnten vergrößert haben. Doch welche Veränderungen bringt die Entwicklung neuer Manipulationsverfahren für die musikalische Ästhetik und die Rezeption von Musik mit sich?

Der beschriebene Einsatz starker Korrekturen bei Gesangsaufnahmen kann eine Intonation schaffen, die in ihrer Perfektion außerhalb der menschlichen Möglichkeiten liegt. Diese Suggestion übermenschlicher Fähigkeiten ist in der Vermarktung von Popkultur gängige Praxis: Auch die Bildretusche in Zeitschriften schafft Gesichter, die so offensichtlich nicht real existieren können, sondern unnatürlich perfekt sind. Es wird ein überhöhtes Kunstprodukt geschaffen. In vergleichbarer Weise kann die Intonationskorrektur auf der akustischen Ebene einer Steigerung des Star-Status im Sinne einer Idealisierung mit technischen Mitteln dienen.

Technische Entwicklungen können auch eine Veränderung beziehungsweise Erweiterung der Qualitätskriterien bewirken. Dies lässt sich ebenfalls am Beispiel der Gesangsstimme verdeutlichen: Während in der Klassik der Wert einer gesanglichen Darbietung stark an der Virtuosität des Sängers, an der stimmlichen Reinheit und Deutlichkeit gemessen wurde, kamen etwa mit dem Einsatz des Mikrofons im Jazz ganz andere Facetten der menschlichen Stimme zur Geltung.[274] Auch Sänger, die gemessen an den klassischen Idealen nicht hätten bestehen können, gelangten durch die Vielfalt ihres Ausdrucks zu großem Erfolg. Mit dem intensiven Einsatz digitaler Manipulationsverfahren wird ein neuer Parameter des stimmlichen Ausdrucks geschaffen: Durch extremen Intonationskorrektureinsatz können beispielsweise menschliche Emotionen aus dem Gesang entfernt und technische Kälte und Distanz eindringlich hörbar gemacht werden – der Einsatz der Technik wird so bewusst erkennbar. Die Differenzierung der gesanglichen Ausdrucksmöglichkeiten vergrößert sich hier mit ihrer künstlichen Erweiterung.

[274] „Das Mikrophon eröffnet dem Sänger eine Vielzahl an Möglichkeiten, wie zum Beispiel das Flüstern, die Vokalperkussion, das Mischen von Sprache und ‚scat'." Saltiel (1998), S. 2

Dadurch, dass die technische Perfektionierung des Klanges zum Standard geworden ist, werden wiederum Abweichungen davon reizvoll. Eine Gegenbewegung kann in der Hinwendung des Publikums zu „handgemachter“, „natürlicher“ oder „ehrlicher“ Musik bestehen. Hier stellt sich die Frage nach dem Anliegen des Hörers. Geht es ihm darum, dass Musik „natürlich klingt“, egal, wie sie erzeugt wurde? Oder geht es um Musik, die quasi „zertifiziert natürlich“ ist, also ohne technische Korrekturen erstellt wurde? Daran schließt sich die Frage an, inwieweit mit technischen Hilfsmitteln hergestellte Musik überhaupt „natürlich“ sein kann, beziehungsweise in welchem Ausmaß technische Eingriffe zulässig sind, ohne dass das Produkt seine Authentizität verliert. Je weniger auffällig der Einsatz technischer Manipulationen erfolgt und je selbstverständlicher die Verschmelzung von musikalischer Darbietung und technischer Nachbearbeitung wird, desto schwieriger wird es, Qualitätskriterien zur Musik aus ihrer Erzeugung abzuleiten. Dies verdeutlicht das folgende Zitat von Claudius Brüse:

> „Das Aufnehmen von Audio und MIDI wird immer mehr der Arbeit mit Klangerzeugern gleichen und immer weniger eine reine Abbildung der ‚mikrophonalen‘ Wirklichkeit sein. Letzten Endes ist es auch nicht mehr nachvollziehbar (und somit auch unerheblich?), wie die einzelnen Datenworte entstanden sind – ob durch naturgetreue Aufnahme humaner Aktionen oder computergestütztem Rendering, welches auf ursprünglichen Audioaufnahmen basiert oder vielleicht gar nur noch von Syntheseparametern angesteuert wird. Entscheidend wird im Endeffekt sein, ob die Musik interessant oder vermarktbar ist. Aber: natürlich wird es immer noch einen Markt geben, der *echte*, von Menschenhand erzeugte Klänge und Musik pur und unverwurstet hören will – vielleicht mit nur einem *Hauch* von Raumverbesserung und, wo wir schon mal dran sind, könnten wir nicht auch die Gitarrenaufnahme etwas reiner stimmen und den Korpus des Basses austauschen und...“[275]

Eine andere Gegenbewegung zur Ästhetik der digitalen Perfektionierung bilden elektronische Produktionen, die bewusst mit Fehlern versetzt sind. Mit dieser Strategie wird der durch die Beschaffenheit der technischen Verfahren quasi „naturgegebenen“ Tendenz zur klinischen Reinheit getrotzt. Die Produzenten verwenden digitale Verfahren nicht zur Erzeugung übermenschlicher Präzision, sondern im Gegenteil, zur Erzeugung von mitunter übermenschlichen Ungenauigkeiten. Viele

[275] Brüse (2000 (2)), S. 52 (Hervorhebungen im Original)

Tracks sind rhythmisch so holprig und so hörbar mit digitalen Artefakten versetzt, dass sie nicht durch menschliche Instrumentalisten erzeugt worden sein können. Auch hier wird der Einsatz der Technik absichtlich hörbar gemacht.[276]

> „Die Renaissance ‚handgemachter' Sounds, siehe den Siegeszug des betont hippiesken Menschenfolks, ist eine Reaktion. Doch auch im Kontext der elektronischen Musik geht es seit einigen Jahren darum, neu zu definieren, was eigentlich ‚menschlich' klingt. Einerseits gilt es, die Vorteile der Digitalisierung, beispielsweise die gigantischen Soundrepertoires in Musikstudios, nicht aufzugeben. Andererseits gilt es, sich vom starren Zeitraster, das Sequencer-Programmen zugrunde liegt, so weit wie möglich zu lösen. Viele Produzenten sind mittlerweile bei betont ‚loose' oder gleich komplett zerbeult klingenden, sprich per Mausklick verschobenen und gestretchten Beat-Quantisierungen angelangt. Grooves dieser Art muss man nur einmal hören, um zu ahnen: Hätte ein Schlagzeuger vor dreißig Jahren gewagt so zu trommeln – er wäre von seiner Band hochkant gefeuert worden. Heute hingegen sind elektronische Beats mit einem ‚added human error value' goutierbar."[277]

Aber nicht nur die Ästhetik und die Rezeption von Musik verändern sich mit den technischen Möglichkeiten, auch die Bedingungen der musikalischen Arbeit werden davon geprägt. Im Bezug auf digitale Audioanwendungen wird häufig von einer „Demokratisierung" der Musikproduktion gesprochen.[278] Durch ihre vergleichsweise einfache Bedienung ermöglichen aktuelle Verfahren es auch Personen, die nicht über spezialisierte technische Fähigkeiten verfügen, am Musikschaffen teilzuhaben. Ihren Anfang nahm die Diskussion um die Demokratisierung bereits in den 1980er Jahren, als die Einführung des Samplers und der allgemeine Preisverfall digitaler Audiogeräte es erstmals auch Nicht-Instrumentalisten und Personen ohne Zugang zu einem Tonstudio ermöglichten, mehr oder weniger professionelle Musikproduktionen zu realisieren. In der damaligen Diskussion wurde häufig angeführt, die Benutzer der Geräte griffen lediglich auf vorgefertigtes musikalisches Material zurück und erbrächten selber keine künstlerische Leistung. Ähnlich könnte bei der Verwendung von Elastic Audio-Verfahren argumentiert werden, die programmierte „Musikalität"

---

[276] Der abgehackte Beat des Stücks *Polkadot Blues* (2009) von Hudson Mohawke **[♪17]** ist ein gutes Beispiel für diese Strategie. Die Gesangsstimme im Track *Send Me Shivers* (2004) von Mouse on Mars **[♪18]** klingt zwar deutlich technisch „geglättet", bricht aber zugleich mit der technischen Perfektion durch hörbare digitale Artefakte.

[277] Kedves 2009

[278] Vgl. Bickel (1992), S. 119-121

der Anwendungen erfordere vom Benutzer keinerlei schöpferische Leistung. Da die Anwendungen in der Lage seien, eingehendes Tonmaterial an eine voreingestellte musikalische Ordnung anzupassen, könnten die Programme jegliches Material in Musik verwandeln. Diskussionen dieser Art werden technische Entwicklungen immer begleiten. Fakt ist jedoch: Der Anspruch an die instrumentale und technische Virtuosität wird verringert – was zählt ist mehr und mehr die musikalische Idee.

> „The technologies we now have tended to make creative jobs do-able by many different people: new technologies have the tendency to replace skills with judgement – it's not what you *can* do that counts, but what you *choose* to do, and this invites everyone to start crossing boundaries."[279]

Daran anschließend stellt sich die Frage, wie sich der Künstler in Zukunft von der Masse abhebt, wenn die traditionellen Fähigkeiten als Kriterien für die Beurteilung von Musik nicht mehr ausschlaggebend sind. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Virtuosität des Künstlers nie das einzige Kriterium des Zuhörers war. Bedeutend ist immer auch, was die Musik bei den Rezipienten auslöst und wie mit den Hörgewohnheiten des Publikums umgegangen wird. Letzten Endes ist für den künstlerischen Wert eines Musikstücks, beziehungsweise für die Anerkennung durch das Publikum, nicht die bei seiner Erzeugung verwendete Technik ausschlaggebend, sondern wie sie eingesetzt wird, um der musikalischen Zielsetzung des Stücks zu dienen.[280]

> „It is a lot easier now to bolt tracks together very quickly, tracks of a standard that a few years ago you would have gone 'wow, this is amazing.' In fact, if everyone can make tracks that sound pretty good, how do you actually get your tracks noticed? How do you get your work noticed? The human character has to be the discerning, the defining difference between you and everyone else."[281]

Die weitere Entwicklung der digitalen Manipulationsverfahren ist schwer abzusehen. Schließt man aus den Neuerungen der vergangenen zehn Jahre auf die Zukunft, dann ist zu vermuten, dass es sowohl zu einer weiteren Verbesserung der bereits existierenden Verfahren als auch zur Einführung neuer Eingriffsmöglichkeiten kommen

---

[279] Eno, Brian, zitiert nach Warner (2003), S. 22 (Hervorhebungen im Original)
[280] Die Klärung der Frage, was künstlerischen Wert ausmacht beziehungsweise welche Kriterien für den Erfolg eines Musikstücks ausschlaggebend sind, würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen.
[281] http://www.ableton.com/coldcut (10.11.2009)

wird. Denkbar wäre hier die Entwicklung von Verfahren, mit denen auch durch mehrere Instrumente erzeugtes polyphones Material in seine Einzeltöne zerlegt werden kann, wobei die Komplexität der sich überlagernden Wellen hier für größere Probleme sorgen dürfte. Auch wäre angesichts der großen aktuellen Fortschritte in der Klanganalyse vorstellbar, dass es in absehbarer Zeit möglich ist, die Klangfarbe einer Stimme auf eine andere zu übertragen, so dass beispielsweise jeder Sänger der Musikgeschichte täuschend echt imitiert werden könnte.[282] Des Weiteren ist zu erwarten, dass Elastic Audio-Verfahren zunehmend mit anderen Manipulationsverfahren verbunden werden, um neben der Bearbeitung von Tonhöhen- und Zeitstruktur auch auf weitere Parameter von Klängen zugreifen zu können. So wären unter anderem Modifikationen des Resonanzkörpers durch die Einbeziehung von Physical Modeling-Verfahren denkbar, um eine Stimme beispielsweise voluminöser oder rauchiger klingen zu lassen.[283]

Welche Auswirkungen die geschilderten technischen Entwicklungen über das reine musikalische Schaffen hinaus haben werden, lässt sich teilweise bereits erahnen. Zu erwarten sind beispielsweise neue Debatten um Urheberrechtsansprüche. Wenn ein Stück von Jimi Hendrix in Dur anstatt in Moll gespielt und die Gitarre durch ein Klavier ersetzt wird, das aber den gleichen tonalen Verlauf wie das Original hat – wer ist dann der Schöpfer des Werkes?

[282] Hierbei ist einschränkend zu berücksichtigen, dass für den Charakter des Gesangs nicht nur die Formantstruktur, sondern auch die Technik, die Aussprache usw. von Bedeutung sind.
[283] Die Anwendung Auto-Tune Evo setzt dieses Konzept mit der Throat Modeling-Einstellung bereits um, allerdings mit recht bescheidenen Ergebnissen (vgl. Kapitel 4.1.2.1; Anhang).

7. Quellenverzeichnis

7.1 Literatur

Monographien und Beiträge in Sammelwerken

Ackermann, Philipp (1991): Computer und Musik. Eine Einführung in die digitale Klang- und Musikverarbeitung. Wien; New York.

Adam, Nathan; Barnett, Brady (2006): Multi-Platinum Pro Tools. Oxford.

Aharonian, Gregory; Stim, Richard (2004): Patenting Art & Entertainment. New Strategies for Protecting Creative Ideas. Berkeley.

Bickel, Peter (1992): Musik aus der Maschine. Computervermittelte Musik zwischen synthetischer Produktion und Reproduktion. Berlin.

Brice, Richard (2004): Music Engineering. Oxford.

Chadabe, Joel (1997): Electric Sound. The past and promise of electronic music. Upper Saddle River.

Collins, Mike (2003): Audio Plug-ins and Virtual Instruments. Oxford.

Elste, Martin (1989): Kleines Tonträger-Lexikon. Von der Walze zur Compact Disc. Kassel.

Große, Günter (1989): Von der Edisonwalze zur Stereoplatte. Die Geschichte der Schallplatte. Berlin.

Großmann, Rolf (2002): Sampling. In: Schanze, Helmut; Pütz, Susanne (Hg.): Metzler Lexikon Medientheorie, Medienwissenschaft. Stuttgart, S. 320–321.

Großmann, Rolf (2003): Spiegelbild, Spiegel, leerer Spiegel. Zur Mediensituation der Clicks & Cuts. In: Kleiner, Marcus S.; Szepanski, Achim (Hg.): Soundcultures. Über elektronische und digitale Musik. Frankfurt am Main, S. 52–68.

Harenberg, Michael (1989): Neue Musik durch neue Technik. Musikcomputer als qualitative Herausforderung für ein neues Denken in der Musik. Kassel.

Holmes, Thom (2002): Electronic and experimental music. New York.

Humpert, Hans Ulrich (1987): Elektronische Musik. Geschichte, Technik, Kompositionen. Mainz.

Katz, Mark (2004): Capturing Sound. How technology has changed music. Berkeley.

Kealy, Edward R. (1990): From Craft to Art. The Case of Sound Mixers and Popular Music. In: Frith, Simon; Goodwin, Andrew (Hg.): On Record. Rock, pop and the written word. London, S. 207–220.

Kittler, Friedrich (1986): Grammophon, Film, Typewriter. Berlin.

Klages, Thorsten (2002): Medium und Form - Musik in den (Re-)Produktionsmedien. Osnabrück.

Kostelanetz, Richard (1973): John Cage. Köln.

Lawrence, Robb (2008): The Early Years of the Les Paul Legacy: 1915-1963. Milwaukee.

Manning, Peter (2002): Electronic & Computer Music. Oxford.

Moore, Richard (1990): Elements of Computer Music. Englewood Cliffs.

Poschardt, Ulf (1995), (1997): DJ Culture. Diskjockeys und Popkultur. Reinbek.

Roads, Curtis (1996): The Computer Music Tutorial. Massachusetts.

Roads, Curtis (2001): Microsound. Massachusetts.

Ruschkowski, André (1998): Elektronische Klänge und musikalische Entdeckungen. Stuttgart.

Russ, Martin (1996): Sound synthesis and sampling. Oxford.

Schaeffer, Pierre (1974): Musique Concrète. Von den Anfängen um 1948 bis zur elektroakustischen Musik heute. Stuttgart.

Schiffner, Wolfgang (1991): Einflüsse der Technik auf die Entwicklung von Rock/Pop-Musik. Hamburg.

Schiffner, Wolfgang (1995): Lexikon Tontechnik. Kassel.

Shapiro, Peter (2002): Deck Wreckers. In: Young, Bob (Hg.): Undercurrents - The hidden Wiring of modern Music. New York, S. 163–180.

Shepherd, John (2003): Performance and production. London.

Théberge, Paul (1997): Any sound you can imagine. Making music consuming technology. Hanover.

Warner, Timothy (2003): Pop Music - Technology and Creativity. Trevor Horn and the Digital Revolution.

Warstat, Michael; Görne, Thomas (1998): Studiotechnik. Hintergrund- und Praxiswissen. Aachen.

Watkinson, John (2001): The Art of Digital Audio. Oxford.

Watkinson, John (2002): An Introduction to Digital Audio. Oxford.

Weinzierl, Stefan (2008): Handbuch der Audiotechnik. Berlin.

Zölzer, Udo; Amatriain, Xavier (2002): DAFX: Digital Audio Effects. West Sussex.

Zeitschriftenartikel

Bode, Harald (1984): History of Electronic Sound Modification. In: Journal of the Audio Engineering Society, Jg. 32, H. 10, S. 730–739.

Brüse, Claudius (2000 (1)): Roland VP-9000. Die Möglichkeiten der Vari-Phrase-Technologie. In: Keyboards, H. 7, S. 20–26.

Brüse, Claudius (2000 (2)): Der Wert der Musik. MIDI Out? Hat MIDI noch Zukunft. In: Keyboards, H. 1, S. 52–53.

Davies, Hugh (1994): A History of Sampling. In: Feedback Papers, H. 40, S. 2–14.

Dolson, Mark (1986): The Phase Vocoder: A Tutorial. In: Computer Music Journal, Jg. 10, H. 4, S. 14–27

Elste, Martin (1996): Hindemiths Versuche "grammophonplatten-eigener Stücke" im Kontext einer Ideengeschichte der Mechanischen Musik im 20. Jahrhundert. In: Hindemith-Jahrbuch, H. 25, S. 195–221.

Friebel, Stefan (2009): Das gläserne Audiofile. In: Digital Production, H. 3, S. 24–25.

Grabau, Rudolf (2004): Tonaufzeichnungsgeräte in der Funkaufklärung der Bundeswehr. In: FunkGeschichte, Jg. 27, S. 74–78.

Kleinermanns, Ralf (2004): Test: Apple Logic Pro 9. Teil 1: Oberfläche, Workflow, Flex Time. In: Sound & Recording, H. 9, S. 32–35.

Lent, Keith (1989): An Efficient Method for Pitch Shifting Digitally Sampled Sounds. In: Computer Music Journal, Jg. 13, S. 65–71.

Lösener, Bernhard (2004): Love the machines. Lexicon Varispeech. In: Keyboards, H. 6, S. 128–129.

Roads, Curtis; Alexander, John (1997): Granular-Synthese. In: Keyboards, H. 8, S. 16–29.

Rule, Greg (1997): DJ Shadow. Interview. In: Keyboards, H. 12, S. 16–24.

Saltiel, Laurence (1998): Der Jazzgesang. Ein Vortrag von Frau Laurence Saltiel am EUROVOX 1998 in Genf. In: Das APCS Bulletin, H. 41, S. 1–3.

Truax, Barry (1994): Discovering Inner Complexity. Time Shifting and Transposition with a Real-Time Granulation Technique. In: Computer Music Journal, Jg. 18, H. 2, S. 38–48.

Verna, Paul (2000): Recording Pros Tune In To Antares' Novel Processors. In: Billboard, 24.06.2000, S. 78–79.

Bedienungsanleitungen

Ableton (2009): Live Version 8.0.2 für Windows und Mac OS.

Antares Audio Technologies (2000): Auto-Tune Intonation Correcting Plug-In - User's Manual. Los Gatos.

Antares Audio Technologies (2008): Auto-Tune Evo Pitch Correcting Plug-In. Owner's Manual. Scotts Valley.

Celemony Software GmbH (2002): Benutzerhandbuch Melodyne. Version 1.5.

Celemony Software GmbH (2007): Celemony Melodyne Studio/Cre8 - Handbuch Version 3.2. München.

Celemony Software GmbH (2009): Melodyne Editor Beta - User Manual. München.

Digidesign (2007): Pro Tools - Reference Guide. Version 7.4. Daly City.

Magix AG (2009): Samplitude 11. Handbuch. Berlin.

Internetartikel

(Alle genannten Internetquellen waren am 10.11.2009 verfügbar)

Anderton, Craig (2006): In Search of the Perfect Pitch. Guitar Player Magazine. http://www.guitarplayer.com/article/search-perfect-pitch/jul-06/21418

Bernsee, Stephan M. (1999): Time Stretching And Pitch Shifting of Audio Signals - An Overview. The DSP Dimension. http://www.dspdimension.com/admin/time-pitch-overview

Bernsee, Stephan M. (2006): Mit Helium gegen Godzilla - Zeitkorrektur mit Steinbergs WaveLab 6. Musician's Life. http://www.musicianslife.de/2006/09/23/mit-helium-gegen-godzilla-zeitkorrektur-mit-steinbergs-wavelab-6-2

Bores, Chris (2009): Introduction to DSP. Bores Signal Processing. http://www.bores.com/courses/intro/freq/index.htm

Chu, Showwei (2003): Is it live or is it … 'auto-tuned'. Canada's Globe and Mail. http://www.temple.edu/ispr/examples/ex03_08_25.html

Conner-Simons, Adam (2008): Is Auto-Tuning Cheating. Gelf Magazine. http://www.gelfmagazine.com/archives/is_autotuning_cheating.php

Daley, Dan (2003): Vocal Fixes - Modern Vocal Processing In Practice. Sound on Sound Magazine. http://www.soundonsound.com/sos/oct03/articles/vocalfixes.htm

Driscoll, Ed (2006): Product Review: The Harmonizer - Messing With The Fabric Of Time And Harmony. http://blogcritics.org/music/article/product-review-the-harmonizer-messing-with

Duesenberry, John (1999): A World in a Grain of Sound. Electronic Musician Magazine. http://emusician.com/mag/emusic_world_grain_sound

Eno, Brian (1979 (?)): The Studio As Compositional Tool. Downbeat Magazine. http://music.hyperreal.org/artists/brian_eno/interviews/downbeat79.htm

Everett-Green, Robert (2006): Ruled by Frankenmusic. The Globe and Mail. http://www.theglobeandmail.com/news/technology/article849194.ece

Fischer, Jonathan (2008): Rappen wie ein Roboter. Spiegel Online. http://www.spiegel.de/kultur/musik/0,1518,597803,00.html

Frere-Jones, Sasha (2008): The Gerbil’s Revenge. The New Yorker. http://www.newyorker.com/arts/critics/musical/2008/06/09/080609crmu_music_frerejones?currentPage=all

Gordon, John; Strawn, John (1987): An Introduction to the Phase Vocoder. Center for Computer Research in Music and Acoustics, Stanford University. http://ccrma.stanford.edu/STANM/stanms/stanm55/stanm55.pdf

Hansen, Liane (2008): Taking Pitch Correction To The Limit. http://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=97312511

Inglis, Sam (2003): Eventide Clockworks Legacy. Plug-ins For Pro Tools TDM & HD Systems. Sound on Sound Magazine.
http://www.soundonsound.com/sos/sep03/articles/clockworks.htm

Johnson, Derek; Poyser, Debbie (2000): Elastic Surgery. Roland VP9000 Variphrase Processor. Sound on Sound Magazine.
http://www.soundonsound.com/sos/jun00/articles/rolandvp9000.htm

Kedves, Jan (2009): Bis dass der letzte Beat verbeult ist. Hudson Mohawke / Rustie.
http://www.spex.de/2009/04/08/bis-dass-der-letzte-beat-verbeult-ist-hudson-mohawke-rustie

Laroche, Jean; Dolson, Mark (2000): New phase vocoder techniques for real-time pitch-shifting, chorusing, harmonizing and other exotic audio modifications.
http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.59.8435&rep=rep1&type=pdf

McCall, Michael (2004): Pro Tools. A number of leading country artists sing off key. But a magical piece of software-Pro Tools-makes them sound as good as gold.
http://www.nashvillescene.com/2004-06-10/news/pro-tools

Mix Online (ohne Autor) (2007): 1975 Eventide H910 Harmonizer.
http://mixonline.com/TECnology-Hall-of-Fame/1975-eventide-harmonizer

Molenda, Michael (2007): Tony Visconti: Audio Visionary.
http://emusician.com/em_spotlight/tony_visconti_interview/index.html

New Musical Express Online (ohne Autor) (2009): Death Cab For Cutie launch anti-autotune campaign at Grammys.
http://www.nme.com/news/death-cab-for-cutie/42664

Oswald, John (1985): Plunderphonics, or Audio Piracy as a Compositional Prerogative.
http://www.plunderphonics.com/xhtml/xplunder.html

Resolution Magazine (ohne Autor) (2004): Peter Neubäcker. Interview. Resolution Magazine.
http://www.resolutionmag.com/pdfs/MAKER/PETERN~1.PDF

Rosen, Jodie (2008): Kanye West: 808s & Heartbreak - Album Review.
http://www.rollingstone.com/artists/kanyewest/albums/album/24024301/review/24597774/808s__heartbreak

Ryan, Maureen (2003): What, no pitch correction. Chicago Tribune.
http://msl1.mit.edu/furdlog/docs/2003-04-28_chitrib_pitch_correction.pdf

Sclafani, Tony (2009): Oh, my ears! Auto-Tune is ruining music.
http://www.msnbc.msn.com/id/30969073/ns/entertainment-music

Shrock, Rob (1999): Antares ATR-1. Real-time pitch correction that really works. Electronic Musician Magazine.
http://www.antarestech.com/news/reviews/ATR1-EM.shtml

Shrock, Rob (2001): Roland VP-9000. Electronic Musician Magazine.
http://emusician.com/sequencers/emusic_roland_vp

Stelkens, Jörg; Jacobsen, Anke (2001): Die Kornmacher - Technik Special Granularsynthese.
http://www.stelkens.de/bs/publications/kornmacher.pdf

Thill, Scott: Glutton for Punishment: An Interview with Kid Koala.
http://www.morphizm.com/recommends/interviews/kidkoala.html

Tingen, Paul (2005): The Dust Brothers. Sampling, Remixing & The Boat Studio. Sound on Sound Magazine.
http://www.soundonsound.com/sos/may05/articles/dust.htm

Treacy, Christopher John (2008): Fixing Flats. Paula pitchy? Not with an Auto-Tune up!
http://news.bostonherald.com/entertainment/music/general/view.bg?articleid=1079934

Tyrangiel, Josh (2009): Auto-Tune: Why Pop Music Sounds Perfect.
http://www.time.com/time/magazine/article/0,9171,1877372-2,00.html

Weber, Florian: Death Cab for Cutie - Kampagne gegen den Autotune.
http://www.intro.de/news/newsticker/23052913/death-cab-for-cutie-kampagne-gegen-den-autotune

Wild, Jonathan; Schubert, Peter (2008): Historically Informed Retuning of Polyphonic Vocal Performance. Journal of interdisciplinary music studies.
http://www.musicstudies.org/JIMS2008/articles/Wild_JIMS_0821208.pdf

Herstellerseiten

(Alle genannten Internetquellen waren am 10.11.2009 verfügbar)

Ableton (Live)
http://www.ableton.com
http://www.ableton.com/pages/artists/aarset (Interview Eivind Aarset)
http://www.ableton.com/pages/artists/devine (Interview Richard Devine)
http://www.ableton.com/coldcut (Interview Coldcut)

Antares (Auto-Tune)
http://www.antarestech.com
http://www.antarestech.com/about/history.shtml (Firmengeschichte)

Apple (Logic)
http://www.apple.com

Celemony (Melodyne)
http://www.celemony.com
http://www.celemony.com/cms/index.php?id=dna_interview (Video Peter Neubäcker)
http://www.celemony.com/cms/index.php?id=artists&L=1 (Zitat Peter Gabriel)
http://www.celemony.com/cms/index.php?id=395&L=1 (Interview Brandon Christy)
http://www.celemony.com/cms/index.php?id=190&L=1 (Interview David Kahne)
http://www.celemony.com/cms/index.php?id=186&L=0 (Interview Luis Resto)
http://www.celemony.com/cms/index.php?id=422&L=1 (Interview Damian Taylor)

Lexicon (Varispeech)
http://www.lexicon.com
http://www.lexicon.com/press/press-details.asp?pressID=46 (Firmengeschichte)

Prosoniq (Time Factory)
http://www.prosoniq.com

Roland (VP-9000/VariPhrase)
http://www.roland.com
http://www.roland.com/products/en/exp/VariPhrase.html (Beschreibung VariPhrase)

Serato (Scratch Live)
http://www.serato.com

Steinberg (Cubase, WaveLab)
http://www.steinberg.net

Technics (SL1200, SLDZ1200)
http://www.panasonic.de/html/de_DE/91211/index.html

Ueberschall (Liquid Audio)
http://www.ueberschall.com

Vestax (VCI-Serie)
http://www.vestax.de

7.2 Abbildungsverzeichnis

(Alle genannten Internetquellen waren am 10.11.2009 verfügbar)

Anhang

Inhaltsverzeichnis der beiliegenden CD

Teil 1 – Hörbeispiele aus Veröffentlichungen

Bei den Hörbeispielen im ersten Teil der beiliegenden CD handelt es sich um Ausschnitte aus den hier aufgelisteten Stücken. Das Entstehungsjahr steht in Klammern hinter dem Titel, sofern es vom Veröffentlichungsjahr des angegebenen Tonträgers abweicht.

♪1 Paul Hindemith – *Trickaufnahme*, Instrumental (1930)
Originalwerke für Schallplatte, unveröffentlicht
Entnommen aus: Katz, Mark. Capturing Sound (2004)

♪2 Pierre Schaeffer – *Étude Aux Chemins De Fer* (1948)
Ohm - The Early Gurus of Electronic Music 1948-1980, Ellipsis Arts 2000

♪3 Otto Luening – *Low Speed* (1952)
Pioneers of Electronic Music, C.R.I. (Liebermann) 2003

♪4 Les Paul – *Lover (When You're Near Me)* (1948)
This is Gold: Les Paul & Mary Ford, Disky 2005

♪5 Alvin and the Chipmunks – *The Witch Doctor* (1957)
Alvin and the Chipmunks – Original Sound Track, Decca 2007

♪6 The Beatles – *Tomorrow Never Knows*
Revolver, Parlophone (EMI) 1966

♪7 Beach Boys – *She's Going Bald*
Smiley Smile, Capitol 1967

♪8 Rob Swift – *Rob Gets Busy* (1995)
The Return of the DJ Vol. I, Bomb Hip-Hop Records 1997

♪9 Lexicon Varispeech – Pitch Shifting-Demonstration
http://obsoletetechnology.wordpress.com/repairs/lexicon-varispeech-27y
(Download 07.11.2009)

♪**10** The Winstons – *Amen, Brother*
Color Him Father/Amen, Brother (Single), Metromedia Records 1969

♪**11** NWA – *Straight Outta Compton*
Straight Outta Compton, Island Records 1988

♪**12** Urban Shakedown – *Some Justice*
Urban Shakedown (Maxi), All Boys Music 1992

♪**13** Amen Andrews – *Amen Renegade*
Vol. 2 (Maxi), Rephlex 2003

♪**14** Craig David – *I'm Walking Away*
Born To Do It, Wildstar Records 2000

♪**15** Cher – *Believe*
Believe, WEA International 1998

♪**16** Kanye West – *Say You Will*
808s & Heartbreaks, Roc-A-Fella Records 2008

♪**17** Hudson Mohawke – *Polkadot Blues*
Polyfolk Dance, Warp Records 2009

♪**18** Mouse on Mars – *Send Me Shivers*
Radical Connector, Thrill Jockey 2004

Teil 2 – Hörbeispiele eigener Bearbeitungen

Alle Bearbeitungen basieren auf den Tracks ♪**19-22**. Hinter dem Titel des Bearbeitungsbeispiels (ab ♪**23**) ist jeweils die Nummer des Ausgangsmaterials angegeben.

Ausgangsmaterial:

♪**19** Gesang mit leichten tonalen Ungenauigkeiten
♪**20** Percussion mit leichten Timingschwankungen
♪**21** Gitarre mit verstimmter H-Saite
♪**22** Klavier (Ausschnitt aus Ludwig van Beethovens *Mondscheinsonate*)

Auto-Tune:

♪**23 Gesang – Intonationskorrektur [♪19]**
Über den Automatic Mode wurde versucht, nur so stark wie nötig in den Gesang einzugreifen, ohne dass der Klang übermäßig verfälscht wird. Insgesamt ist die Intonation

stabiler als bei der unbearbeiteten Aufnahme, aber besonders bei langen Tönen sind immer noch leichte tonale Schwankungen zu hören. Dennoch klingt der Gesang an einigen Stellen bereits etwas künstlich.

♪24 Gesang – Effekt-Bearbeitung [♪19]

Durch eine sehr schnelle Retune Speed-Einstellung wurde die Stimme mit dem „Cher-Effekt“ versehen.

♪25 Gesang – Throat Length [♪19]

Sämtliche Throat Length-Einstellungen wurden durchfahren. Von einer realistischen Simulation verschiedener Resonanzräume ist das Ergebnis weit entfernt.

Melodyne Studio:

♪26 Gesang – Intonationskorrektur moderat [♪19]

Tonhöhe und Tonhöhenschwankungen jeder Note wurden manuell korrigiert. Die Intonation ist deutlich verbessert, ohne dass Verfälschungen des Klangcharakters hörbar wären.

♪27 Gesang – Intonationskorrektur stark [♪19]

Alle Töne wurden zunächst exakt auf ein Halbtonraster gestimmt. Anschließend wurde das Material durch die Verminderung von Vibratos und Tonhöhenschwankungen stark geglättet. Das Ergebnis weist einen deutlich künstlichen Klangcharakter auf.

♪28 Gesang – Erzeugung einer Harmoniestimme [♪19]

An einigen Stellen wurde die Originalstimme kopiert und um eine Terz nach oben transponiert. Anschließend wurden Lautstärke und Vibratos der kopierten Stimme leicht vermindert. Die zweite Stimme klingt aufgrund der recht großen Transposition teilweise etwas nasal und unnatürlich. Der künstliche Eindruck wird dadurch verstärkt, dass die zweite Stimme exakt parallel zur ersten verläuft, was bei einer echten Gesangsstimme nicht der Fall wäre.

♪29 Gesang – kreative Bearbeitung [♪19]

Mit verschiedenen Werkzeugen der Tonhöhen- und Zeitbearbeitung wurde das Ausgangsmaterial stark verändert. Dieses Beispiel soll verdeutlichen, welche Bearbeitungsmöglichkeiten das Programm bietet, aber auch, wo es an seine Grenzen stößt.

♪30 Percussion – Rhythmus-Quantisierung [♪20]

Die etwas ungenau eingespielte Originalaufnahme wurde automatisch quantisiert und mit einem Shuffle-Rhythmus versehen.

Melodyne Editor:

♪31 Gitarre – Stimmung einer Saite [♪21]

Die verstimmte H-Saite der Gitarrenaufnahme wurde nachträglich gestimmt. Es ist keine Verfälschung des Klanges hörbar.

♪32 Gitarre – kreative Bearbeitung [♪31]

Der jeweils höchste Ton des Arpeggios wurde um eine Terz nach oben transponiert und dann noch einmal nach oben kopiert, um eine zusätzliche Harmoniestimme zu erzeugen.

♪33 Klavier – Tonartveränderung [♪22]

Die Tonart der Klavier-Aufnahme wurde durch Verschieben aller Einzeltöne auf ein neues Skalenraster von cis-Moll nach Cis-Dur verändert. Im Obertonbereich sind glockenartige Artefakte zu hören, auch klingen die Anschläge weicher als im Original. Insgesamt ist das Klangbild etwas diffus.

♪34 Klavier – Entfernung der Melodie [♪22]

Der jeweils oberste Ton der Arpeggien wurde gelöscht. Die entfernte Stimme ist nur noch sehr leise warhnehmbar. Ihre Anschläge sind noch recht deutlich präsent, was dadurch zu erklären ist, dass die nicht-periodischen Wellenformen der Attack-Phasen für das Programm nur schwer einem Grundton zuzuordnen und aus dem Gesamtklang herauszurechnen sind.

♪35 Klavier – Formantenbearbeitung [♪22]

Die Formanten der Aufnahme wurden stark nach unten transponiert. Das Ergebnis zeigt, dass sich mit extremen Parametereinstellungen interessante Sounddesign-Anwendungen realisieren lassen.

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Magisterarbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen verwendet habe. Alle Stellen der Arbeit, die anderen Werken dem Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, wurden unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht. Dies gilt auch für beigegebene Zeichnungen, bildliche Darstellungen und Audiobeispiele. Die Arbeit wurde bisher keiner Prüfungsbehörde in gleicher oder ähnlicher Form vorgelegt.

Hamburg, 10.11.2009

Philip von Beesten